

**UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER**  
**FACULTÉ DE SANTÉ – DÉPARTEMENT D'ODONTOLOGIE**

---

ANNÉE 2022-2023

2022-TOU3-3050

**THÈSE**

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement  
par

**Nicolas CARON**

Le 29 Novembre 2022

**DÉVIATION MANDIBULAIRE ET NAGEURS DE CRAWL : PRÉ-ÉTUDE  
SUR 20 ATHLÈTES**

Directeur de thèse : Pr. Franck DIEMER

**JURY**

Président :	Pr. Vincent BLASCO-BAQUE
1 <sup>er</sup> assesseur :	Pr. Franck DIEMER
2 <sup>e</sup> assesseur :	Pr. Florent DESTRUHAUT
3 <sup>e</sup> assesseur :	Dr. Éric RUMERIO



## → DIRECTION

### Doyen de la Faculté de Santé

M. Philippe POMAR

### Vice Doyenne de la Faculté de Santé

#### Directrice du Département d'Odontologie

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

### Directeurs Adjointes

Mme Sarah COUSTY

M. Florent DESTRUHAUT

### Directrice Administrative

Mme Muriel VERDAGUER

### Présidente du Comité Scientifique

Mme Cathy NABET

## → HONORARIAT

### Doyens honoraires

M. Jean LAGARRIGUE +

M. Jean-Philippe LODTER +

M. Gérard PALOUDIER

M. Michel SIXOU

M. Henri SOULET

### Chargés de mission

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)

M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)

M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)

M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)

M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

## → PERSONNEL ENSEIGNANT

### Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

#### 56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

#### ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE

Maîtres de Conférences : Mme Emmanuelle NOIRRI-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY

Assistants : Mme Anne GICQUEL, M. Robin BENETAH

Adjointes d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Mathieu TESTE, M. Daniel BANDON

#### ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, Mme Christiane LODTER, M. Maxime ROTENBERG

Assistants : M. Vincent VIDAL-ROSSET, Mme Carole VARGAS

Adjointes d'Enseignement : Mme. Isabelle ARAGON

#### 56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

(Mme NABET Catherine)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL, M. Jean-Noël VERGNES

Assistante : Mme Géromine FOURNIER

Adjointes d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, M. Jean-Philippe GATIGNOL  
Mme Carole KANJ, Mme Mylène VINCENT-BERTHOUMIEUX, M. Christophe BEDOS

### Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

#### 57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (M. Philippe KEMOUN)

#### PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN, Mme Alexia VINEL, Mme. Charlotte THOMAS

Assistants : M. Joffrey DURAN, M. Antoine AL HALABI

Adjointes d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE,  
Mme Myriam KADDECH, M. Matthieu RIMBERT,



### CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY  
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS  
Assistants : M. Clément CAMBRONNE, M. Antoine DUBUC  
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY, M. Jérôme SALEFRANQUE,

### BIOLOGIE ORALE

Professeurs d'Université : M. Philippe KEMOUN, M. Vincent BLASCO-BAQUE  
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Matthieu MINTY  
Assistants : Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI, M. Maxime LUIS, Mme Valentine BAYLET GALY-CASSIT, Mme Sylvie LE  
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANCO, M. Hugo BARRAGUE, M. Olivier DENY

## Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

### 58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Franck DIEMER)

#### DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER  
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE  
Assistants : Mme Sophie BARRERE, Mme. Manon SAUCOURT, M. Ludovic PELLETIER  
M. Nicolas ALAUX, M. Vincent SUAREZ, M. Loris BOVIN  
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean- Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE, Mme Lucie RAPP

#### PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Philippe POMAR, M. Florent DESTRUHAUT  
Maîtres de Conférences : M. Rémi ESCLASSAN, M. Antoine GALIBOURG,  
Assistants: Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE, Mme Mathilde HOURSET, Mme Constance CUNY  
M. Anthony LEBON  
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Olivier LE GAC, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Fabien LEMAGNER, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Alexandre HEGO DEVEZA, M. Victor EMONET-DENAND M. Thierry DENIS, M. Thibault YAGUE

#### FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Professeur d'Université : M. Paul Monsarrat  
Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONJOT, M. Karim NASR, M. Thibault CANCEILL  
Assistants : M. Julien DELRIEU, M. Paul PAGES, Mme. Julie FRANKEL  
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, M. Damien OSTROWSKI

-----

Mise à jour pour le 04 Novembre 2022

## Remerciements :

**À mes parents**, je vous dois tout et si j'en viens à soutenir une thèse aujourd'hui, c'est avant tout grâce à vous. Merci maman pour ta bienveillance, tes conseils, ton dévouement. Nous oublions trop souvent de rendre honneur à la force mentale et à la force physique dont tu as fait preuve afin de tous nous voir grandir dans le meilleur des cadres de vie, en voici une belle occasion. Merci papa pour ton optimisme à toute épreuve, pour ton humour notable, pour les valeurs que tu as su nous inculquer et ta volonté d'avoir une famille soudée : « Cohésion ! ». J'admire ta persévérance au travail, toujours le nez dans les bouquins, c'est « la classe ». Vous avez réussi et j'espère vous le rendre.

**À mes sœurs et frères**, pour m'avoir accompagné dans la vie. Merci Guillaume pour nous avoir ouvert la voie et pour avoir toujours veillé sur le reste de la fratrie, avec toi, rien ne pouvait m'arriver. Maintenant c'est à moi de te (sur)veiller, à cœur vaillant rien d'impossible ! Merci Gautier pour ton enthousiasme, ton énergie et ta dynamique, j'ai beau avoir tenté de te ramollir, rien n'y a fait. Je n'arrive toujours pas à l'expliquer, un cœur de réacteur nucléaire peut-être ? Merci Constance, pour ta force de caractère et tes avis tranchés mais aussi et surtout pour ton écoute, ta sensibilité et ton attention au sein de notre famille, une grande sœur avec un grand cœur ! Enfin, merci Solène, auto-proclamée à juste titre « le cœur de la famille », une évidence pour moi depuis ta naissance mais qui a le mérite d'être rappelé. Merci pour ton rire et tes yeux en lune, ton dynamisme et ta joie de vivre que j'ai hâte de retrouver. Merci de me permettre de te conseiller et de donner une raison d'être à notre famille. Dans la vie, le meilleur reste toujours à venir, merci à vous tous.

**À mes grands-parents**, merci mamie pour ton dévouement, ton soutien et l'attention que tu m'as toujours apportés. Merci papy pour tes enseignements et ton énergie, tu es un modèle de persévérance. Prenez soin de vous.  
**À mes cousines, cousins, tantes et oncle**, merci de partager ces beaux moments de la vie avec moi.

**À Léna**, pour tout l'intérêt que tu me portes. Pour ton goût prononcé à la vie, ton enthousiasme, ta bonne volonté mais également ta sensibilité, ton écoute et tes questionnements qui font de toi une personne unique. Pour ton soutien sans faille au cours de l'élaboration de ce travail et dans tous mes choix en général. Je suis heureux de t'avoir rencontrée, merci de partager ma vie, puissions-nous danser encore longtemps ensemble. Juntos llegaremos muy lejos !

**À Pierre, Jules et DJ**, mes amis d'enfance, pour avoir franchi les étapes de la vie avec moi. Pour tous ces moments heureux, ces activités et foots organisés à l'improviste. Votre rage de perdre était vite noyée et oubliée dans le plaisir de nos retrouvailles et ne pouvait rien face à notre solide amitié dont je suis particulièrement fier.

**À Thibault, Arnaud et Gauvain**, pour votre état d'esprit, pour ces sorties sportives, votre motivation et votre détermination tout au long de nos années d'études.

**À Mathilde**, pour avoir été ma binôme dès notre rencontre en PACES. À tous ces moments de réussites (et de moins bonnes réussites... !) et de joies partagés. Merci pour m'avoir conseillé, aidé et parfois même materné car l'organisation n'était et n'est pas mon fort je dois l'admettre. Je suis heureux de t'avoir rencontrée et de t'avoir tenu compagnie au fauteuil durant toutes ces années d'études.

**À mes amis de la fac, Léa** pour ton énergie, ta gentillesse et ta super mentalité, 26 ans quand je t'ai connue, toujours 26 ans des années plus tard. **Clara** pour avoir toujours une anecdote drôle et improbable à raconter mais aussi et surtout pour ton bon goût à la salsa et au Puerto Habana. **Yona** pour ton côté artiste et ton enthousiasme, tu es la première motivée lorsqu'on veut faire du plein-air. **Manue, Barbie et Nineb**, pour être à mes yeux le groupe de la bonne humeur incarnée. **Owen et Charly**, pour votre ouverture d'esprit, votre humour et votre savoir-vivre. **Mélanie** pour nos conversations drôles et croustillantes et notre amitié.

**Au cabinet dentaire des Rumerio et son équipe**, pour votre accueil chaleureux et votre bienveillance au cours des premiers pas de ma pratique libérale. Merci pour vos conseils, votre pédagogie et la patience dont vous avez fait preuve. J'ai passé une belle année au sein de votre établissement. À Éric, Aline et Anaïs, Isabelle, Élodie, Carine, Josy et Chloé.

**À Camille Dazet** pour m'avoir inspiré le sujet de cette thèse. **Aux nageurs et aux entraîneurs des clubs du TNC et de l'ASPTT** pour avoir gentiment accepté de participer à cette étude et sans qui ce travail n'aurait pu exister. Merci à Nicole, JP, Yann, Laurent et Pascal pour votre soutien.

À notre Président du jury de thèse,

**À Monsieur le Professeur BLASCO-BAQUE Vincent**

- Professeur des Universités et Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Docteur de l'Université Paul Sabatier
- Diplôme inter-universitaire d'Endodontie de la Faculté de Chirurgie Dentaire Toulouse
- Diplôme Universitaire de Pédagogie en Santé de l'université Paul Sabatier
- Responsable Diplôme Universitaire de Médecine bucco-dentaire du Sport
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier
- Habilitation à Diriger des Recherches (HDR)
- Co-responsable AEU Micro-Chirurgie Endodontique
- Responsable Equipe Intestin clinc comics Oral Microbiote INCOMM/INSERM

Je suis honoré que vous ayez accepté de présider mon jury de thèse. Je vous remercie pour l'intérêt que vous avez pu porter à ma binôme et moi au cours de notre formation clinique. Vos questions pratiques et votre pédagogie nous ont permis d'affiner notre prise en charge et notre réflexion. Merci pour votre dynamisme et votre sympathie.

À notre directeur de thèse,

**À Monsieur le Professeur Diemer Franck**

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- D.E.A. de Pédagogie (Education, Formation et Insertion) Toulouse Le Mirail
- Docteur de l'Université Paul Sabatier
- Responsable du comité scientifique de la Société française d'Endodontie
- Responsable du Diplôme Inter Universitaire d'Endodontie à Toulouse
- Responsable du Diplôme universitaire d'hypnose
- Co-responsable du diplôme Inter-Universitaire d'odontologie du Sport
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

Je vous remercie sincèrement d'avoir accepté de diriger ce sujet de thèse. Merci pour votre implication et votre accessibilité tant du point de vue théorique que clinique. Merci pour votre disponibilité et vos conseils qui se sont avérés indispensables à l'aboutissement de ce travail.

À notre jury de thèse,

**À Monsieur le Professeur DESTRUHAUT Florent**

- Professeur des Universités et Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Directeur adjoint du département d'Odontologie de la Faculté de Santé de l'Université de Toulouse III Paul Sabatier
- Directeur adjoint de l'Unité de Recherche Universitaire ÉvolSan (Évolution et Santé Orale)
- Habilitation à Diriger des Recherches (HDR)
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Spécialiste Qualifié « Médecine Bucco-dentaire »
- Docteur de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales en Anthropologie sociale et historique
- Certificat d'Études Supérieures en Prothèses Maxillo-Faciale
- Certificat d'Études Supérieures en Prothèse Conjointe
- Diplôme Universitaire de Prothèse Complète Clinique de Paris V
- Diplôme Universitaire d'approches innovantes en recherche de Toulouse III
- Responsable du diplôme universitaire d'occlusodontologie et de réhabilitation de l'appareil manducateur
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

Je vous suis particulièrement reconnaissant d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse. Merci pour votre enseignement rigoureux et votre approche clinique bienfaisante dont je m'inspire au cours de mon exercice. Merci d'avoir partagé votre musique avec nous.

À notre jury de thèse

**À Monsieur le Docteur RUMERIO Éric**

- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Lauréat de l'université de Paul Sabatier - Toulouse III

Je vous remercie sincèrement de m'avoir fait l'honneur de participer à mon jury de thèse. Merci pour votre bienveillance et votre patience au cours de ma formation au sein de votre établissement. Cette année m'a été particulièrement enrichissante et j'ai été heureux d'avoir fait votre rencontre.

<b>INTRODUCTION</b> -----	<b>13</b>
<b>I. LA NATATION</b> -----	<b>14</b>
1. La nage(3)-----	14
2. La description du crawl-----	14
A. La tête-----	14
B. Les bras-----	15
C. Les mains-----	17
D. Les jambes-----	17
E. Le roulis-----	17
3. La technique de respiration du crawl(6)-----	17
A. L'expiration-----	18
B. L'inspiration-----	18
<b>II. ANATOMIE ET BIOMECANIQUE(7) (8)</b> -----	<b>19</b>
1. Anatomie osseuse et articulaire de la mandibule-----	19
2. Anatomie musculaire-----	20
A. Les muscles de la tête : muscles masticateurs-----	20
B. Muscles du cou : muscles supra-hyoidiens-----	23
C. Muscles superficiels du cou-----	24
3. Anatomie de l'articulation temporo-mandibulaire (ATM)-----	26
4. Biomécanique de l'articulation temporo-mandibulaire.-----	27
A. Le mouvement de rotation-----	27
B. Le mouvement de translation-----	27
C. Le mouvement de latéralité (gauche ou droite)-----	27
D. Bruits, algies et dyskinésies de l'articulation temporo-mandibulaire-----	28
<b>III. EMBRYOLOGIE ET CROISSANCE CRANIO-FACIALE</b> -----	<b>29</b>
1. Les mécanismes d'ossification(11)-----	29
2. Croissance de la face-----	30
A. Croissance du massif facial supérieur-----	30
B. Croissance du massif inférieur : la mandibule-----	30
<b>IV. CONCEPTS DE POSTURE ET D'OCCLUSION</b> -----	<b>32</b>
1. La posture-----	32
A. Capteurs de proprioception-----	32
a. L'oreille interne-----	32
b. L'œil et l'oculomotricité-----	32
c. La peau-----	33

d.	Le pied -----	33
B.	Les chaînes posturales-----	34
a.	Les trois chaînes antéro-postérieures -----	34
b.	Les deux chaînes latérales dites masticatrices -----	35
C.	L'appareil manducateur-----	35
<b>2.</b>	<b>L'occlusion dentaire -----</b>	<b>37</b>
A.	Les malocclusions dentaires -----	37
B.	Les facteurs favorisant la malocclusion-----	38
C.	Les malocclusions transversales -----	39
<b>3.</b>	<b>L'impact des déviations mandibulaires(10) -----</b>	<b>41</b>
<b>V.</b>	<b>PARTIE EXPERIMENTALE-----</b>	<b>43</b>
<b>1.</b>	<b>Le projet clinique-----</b>	<b>43</b>
<b>2.</b>	<b>Les objectifs-----</b>	<b>44</b>
A.	L'objectif principal de l'étude -----	44
B.	Les objectifs secondaires -----	44
<b>3.</b>	<b>Matériel et méthodes -----</b>	<b>44</b>
A.	Choix de l'étude transversale-----	44
B.	La population étudiée -----	44
C.	Information et consentement éclairé -----	44
D.	Critères d'inclusion -----	44
E.	Critères de non-inclusion -----	45
F.	Questionnaire médical et sportif -----	45
G.	Examen clinique-----	46
<b>4.</b>	<b>Résultats-----</b>	<b>47</b>
A.	Présentation de l'échantillon de nageurs examinés-----	47
B.	Objectif principal : résultats concernant la déviation mandibulaire -----	48
C.	Objectifs secondaires-----	49
a.	Résultats concernant le décalage des milieux incisifs -----	49
b.	Résultats concernant les bruits, algies, dyskinésies (regroupés sous l'acronyme BAD)-----	50
c.	Résultats concernant les douleurs musculaires-----	51
d.	Résultats concernant la limitation de rotation de la tête -----	52
e.	Résultats concernant l'alignement du plan scapulaire-----	53
<b>5.</b>	<b>Discussion et critique -----</b>	<b>54</b>
A.	À propos des résultats-----	54
B.	À propos de la respiration -----	55
C.	À propos des blessures de l'épaule -----	55
D.	À propos du décalage des milieux incisifs-----	55
E.	À propos de la limitation de la rotation de la tête -----	56
<b>CONCLUSION-----</b>		<b>57</b>

<b>ANNEXES</b> -----	<b>58</b>
<b>Annexe 1 :</b> -----	<b>58</b>
<b>Annexe 2 :</b> -----	<b>60</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> -----	<b>63</b>
<b>TABLE DES FIGURES</b> -----	<b>66</b>

## Introduction

Les lois de la physique ont depuis toujours exercé une pression sur le développement corporel et les déplacements de l'homme dans son environnement. De la quadrupédie à la bipédie, de nombreuses réorganisations squelettiques et musculaires se sont progressivement mises en place pour lutter contre la pesanteur mais aussi perfectionner la posture verticale. Grâce à ses différents capteurs biologiques, le corps humain a su détecter les contraintes physiques environnementales pesant sur lui et ainsi développer et adapter sa morphologie. De par son évolution et son activité, l'homme est donc aujourd'hui optimisé pour la posture debout, la marche et la course en bipédie.

Le nageur de haut niveau est un athlète professionnel en quête de la performance absolue. Il développe dès son plus jeune âge des capacités physiques et techniques spécifiques lui permettant d'évoluer dans l'environnement contraignant que peut constituer un bassin. En effet, bien loin de la posture érigée, le nageur se déplace à l'horizontale, dans un milieu où la résistance à son mouvement est plus élevée, l'inspiration y est impossible et ses capteurs posturaux y sont mis à l'épreuve face à une pesanteur modifiée. Durant sa carrière, le nageur multiplie les entraînements longs, intenses et rigoureux(1). Les mouvements techniques réalisés deviennent quotidiens et face à l'adversité de cet environnement, le corps se développe en conséquence. La natation est généralement un sport symétrique. Mais il devient asymétrique lorsque le nageur respire uniquement du même côté.

Si l'expression « *la fonction crée l'organe* » fait consensus, on pourrait penser qu'« *une fonction répétée perfectionnerait un organe* ». Cette hypothèse est plus discutable. En effet, un entraînement régulier améliore les performances mais à une fréquence et une intensité plus élevées, il peut accroître le risque de contre-performances, de blessures et de compensations physiques délétères notamment en cas de sur-entraînement(2). Lors de la prise d'inspiration en crawl, le nageur contraint sa mandibule en la déviant de manière très fréquente. Si la prise d'air se fait toujours du même côté, on pourrait imaginer qu'une compensation osseuse, articulaire et/ou musculaire puisse s'installer lors de la croissance du sportif.

En partant de cette hypothèse, une étude sur deux groupes de nageurs comparés entre eux a été menée au cours de l'année 2022. Le premier groupe étant composé de nageurs de crawl unilatéral et l'autre de nageurs de crawl alterné (groupe contrôle). Ce travail a pour objectif de mettre en évidence ou non l'association d'une déviation mandibulaire compensatrice avec la respiration unilatérale du nageur de crawl.

Ce travail se compose de deux parties. La première décrira la natation, les éléments d'anatomie, d'embryologie crânio-faciale et certains concepts de posture en lien avec l'occlusion. La deuxième exposera l'étude que nous avons réalisée sur 20 nageurs.

## I. La natation

### 1. La nage(3)

Lorsque l'on souhaite améliorer sa technique de nage, on cherche surtout à maximiser sa vitesse tout en réduisant la dépense d'énergie. Ce rendement est assurément meilleur lorsque l'on améliore la propulsion mais il est également largement favorisé par la diminution de surface s'opposant au mouvement et donc de la résistance(4). Le nageur recherche la posture la plus profilée et hydrodynamique qui puisse être. Il doit également pouvoir la maintenir le plus durablement possible au cours de sa nage. En crawl, le nageur est en position horizontale, la tête immergée, face ventrale vers le fond du bassin. Cette nage se caractérise par un mouvement cyclique alterné des bras et par un battement des jambes.

Le crawl est considéré comme la plus rapide des quatre nages et est généralement employé lors de compétitions en nage libre. Son origine remonte à l'antiquité, 2000 ans avant J.-C. et c'est au travers des siècles que la technique a été améliorée jusqu'à l'être telle qu'on la connaît aujourd'hui. En 1930, les Japonais immergent la tête ce qui permet d'aligner le corps à la surface de l'eau et ainsi augmenter l'hydrodynamisme. Plus tard, le nageur américain Charles Daniels impose son rythme de six battements de pieds par passage de bras. C'est la naissance du crawl américain, que l'on enseigne et que l'on nage actuellement en compétition sous le nom de crawl.

### 2. La description du crawl

#### A. La tête

La tête joue un rôle très important en natation. En effet, dans un milieu où les appuis solides sont inexistant, elle fait office de gouvernail dans les trois sens de l'espace. L'inclinaison de la tête (haute ou basse) a un impact direct sur la position horizontale du corps. Une position relevée de la tête aura tendance à redresser le corps en immergeant plus profondément les hanches et les jambes, ce qui entraîne alors une résistance au mouvement plus importante. Cependant, un menton collé à la poitrine est aussi à proscrire car il augmente la surface de résistance. Ainsi, le nageur adopte généralement une position de tête neutre. Le nageur positionne son regard à 90° par rapport au reste du corps, ce qui lui permet de fixer un point au fond du bassin et ainsi de stabiliser sa posture. C'est le positionnement optimal pour réduire la surface globale de résistance à l'avancement.

## B. Les bras

Ils constituent la principale force motrice de cette nage. Leur mouvement est cyclique et alterné, un bras après l'autre. On décrit une phase aquatique (propulsive) et une phase aérienne (dite de recouvrement). En pratique(5), on décompose un cycle d'un bras en quatre phases successives :

- phase d'appui : le bras est stabilisé légèrement sous la surface de l'eau, tendu vers l'avant.



Figure 1 : phase d'appui bras droit

- phase de traction : le bras est ramené au niveau de l'épaule



Figure 2 : entrée en phase de traction bras droit

- phase propulsive : le bras plié vers l'intérieur pousse le volume d'eau vers l'arrière et se tend jusqu'au contact de la cuisse.



Figure 3 : fin de phase de traction et entrée en phase propulsive bras droit



Figure 4 : fin de phase propulsive bras droit, roulis et début de l'expiration

- phase aérienne : dite de recouvrement, le bras émerge pour revenir en position initiale en avant de l'épaule, le cycle est terminé.



Figure 5 : phase aérienne bras droit et inspiration avec perte de l'alignement



Figure 6 : phase aérienne bras droit et inspiration, vue externe

*Source des photos : vidéo du site natation pour tous*

### C. Les mains

La main est alignée avec l'avant-bras afin de garantir le maximum de propulsion. On cherche à augmenter les surfaces d'appui.

### D. Les jambes

Les jambes, tendues et alignées avec la partie supérieure du corps, effectuent un battement régulier. Leur rôle propulsif, bien qu'il ne soit pas à négliger, est bien moindre que celui des bras. La mobilisation des jambes a plutôt tendance à augmenter la dépense énergétique et la consommation d'oxygène. Elles ont surtout une composante stabilisatrice et de maintien de la posture horizontale. Cependant, sur courte distance, le rôle propulsif des jambes s'avère plus intéressant et les sprinteurs les sollicitent bien plus.

### E. Le roulis

Le roulis est un mouvement de rotation sur l'axe longitudinal du corps. Il est naturellement entraîné par le cycle des bras et favorise la prise d'inspiration.

## 3. La technique de respiration du crawl(6)

L'apport en oxygène se révèle indispensable pour fournir un effort constant (du moins pour les distances moyennes et longues). Pour les sprinteurs, la production d'énergie dans les muscles repose essentiellement sur la voie anaérobie et la respiration n'intervient que très peu. Cependant pour les nageurs de fond, la voie aérobie est privilégiée et l'apport en oxygène est fréquent, c'est pourquoi certains nageurs prennent leur inspiration tous les deux passages de bras.

La respiration en crawl est l'une des principales difficultés techniques de cette nage. En effet, la performance du nageur dépend d'un alignement horizontal optimal, d'une position de la tête neutre et fixe. Pourtant, la prise d'oxygène bien que nécessaire, est un mouvement qui entraîne la perte temporaire de l'alignement et de l'hydrodynamisme. Elle représente un frein à l'avancement. Ainsi, si la respiration est obligatoire, on cherchera au maximum à limiter son impact sur la vitesse en travaillant la coordination et en réduisant la durée de ce mouvement. Aussi, la plupart des nageurs ont un côté préférentiel de respiration sur lequel ils sont objectivement plus efficaces en termes de technique. Certains le privilégient alors au détriment du côté faible, estimant qu'il est préférable de respirer plus fréquemment (en deux temps) avec une meilleure technique plutôt que de limiter sa fréquence respiratoire (en trois temps) mais avec une technique plus limitée sur le côté faible.

### **Une fréquence d'inspiration plus élevée implique une résistance au mouvement supérieure.**

En natation, la respiration (inspiration/expiration) est particulière car elle se déroule dans deux milieux différents.

### A. L'expiration

L'expiration est totalement aquatique, le nageur expulse l'air par le bouche (ou par le nez). Cette phase est plus longue que l'inspiration. Elle n'est pas forcément continue, le nageur peut bloquer son expiration afin d'améliorer sa flottaison grâce à l'air contenu dans ses poumons. L'intérêt d'expirer dans l'eau est de permettre ensuite une inspiration brève et qualitative lors du dégagement des voies aériennes hors de l'eau. En effet, expirer dans l'air puis inspirer obligerait le nageur à maintenir la tête hors de son axe trop longtemps et lui ferait perdre en vitesse.

### B. L'inspiration

L'inspiration est buccale, unilatérale au bras en phases de propulsion et de recouvrement. Elle se fait de manière latérale, le nageur profite du roulis généré par les bras pour orienter la tête et le regard vers le côté. Le mouvement permettant une inspiration efficace dépend bien plus de la rotation du corps que de la rotation pure de la tête qui est suivieuse : la sollicitation des muscles du cou est présente mais mineure. La moitié du visage et seulement une lunette sont hors de l'eau. Bien que le roulis génère une vague et un creux qui facilite l'inspiration du nageur, ce dernier dévie sa mandibule pour optimiser la captation de l'air en restant au maximum immergé. Cela autorisera un repositionnement plus rapide de la tête dans l'axe à la fin de l'inspiration. La tête est revenue en position avant que le bras ne termine sa phase de recouvrement.



Figure 7 : déviation de la mandibule à gauche (source : corbis)

Dans cette étude, c'est ce mouvement de déviation mandibulaire qui nous intéresse. Il est bref mais très bien observable. Il associe l'ouverture buccale et la diduction. D'apparence insignifiante, il faut noter que ce mouvement est répété de très nombreuses fois durant les entraînements et ce, dès le plus jeune âge du nageur puis tout au long de sa carrière. Ainsi, la respiration en crawl pourrait être perçue comme un mouvement répétitif et contraignant physiquement à la manière d'une parafonction. Cette hypothèse sera approfondie plus loin dans ce travail.

## II. Anatomie et biomécanique(7) (8)

Afin d'appréhender au mieux les mécanismes pouvant causer une telle dysmorphose chez le nageur, il est nécessaire de s'appuyer sur le développement embryonnaire ainsi que la croissance du massif cranio-facial.

La mandibule s'articule à la base du crâne par l'articulation temporo-mandibulaire et à la face par le biais du maxillaire et de l'articulation dento-dentaire. Cet environnement riche en interactions doit être décrit pour comprendre l'origine d'une latérogathie ou d'une latéro-déviations mandibulaire.

### 1. Anatomie osseuse et articulaire de la mandibule

La mandibule est un os impair et médian, il est le seul os mobile de la face. La mandibule représente le segment initial de la voie digestive et supporte de nombreuses insertions musculaires pour permettre la mastication et la phonation notamment. Elle se compose de :

- un corps : en forme d'arcade, il est support de l'os alvéolaire, adaptatif, lui-même support des dents
- deux ramus, branches verticales
- deux angles goniaux, reliant le corps aux ramus, chacun est saigné sur son bord inférieur par une sangle musculaire puissante constituée du masséter en externe et du muscle ptérygoïdien médial en interne.
- deux condyles, protubérances osseuses supportant une surface cartilagineuse. Celle-ci s'articule avec la fosse condylienne de l'os temporal. Le condyle relie la base du crâne à la mandibule, sa forme caractéristique permet les mouvements mandibulaires.
- deux processus coronoïdes permettant l'insertion du muscle temporal

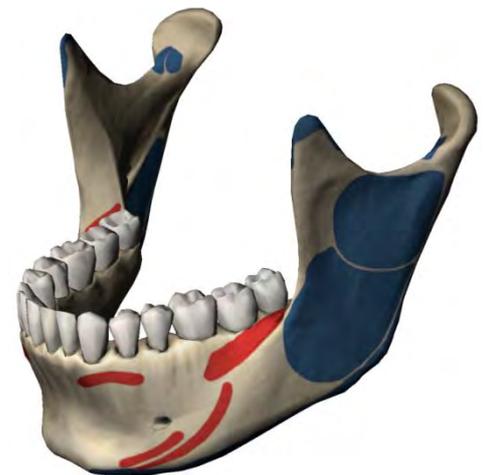
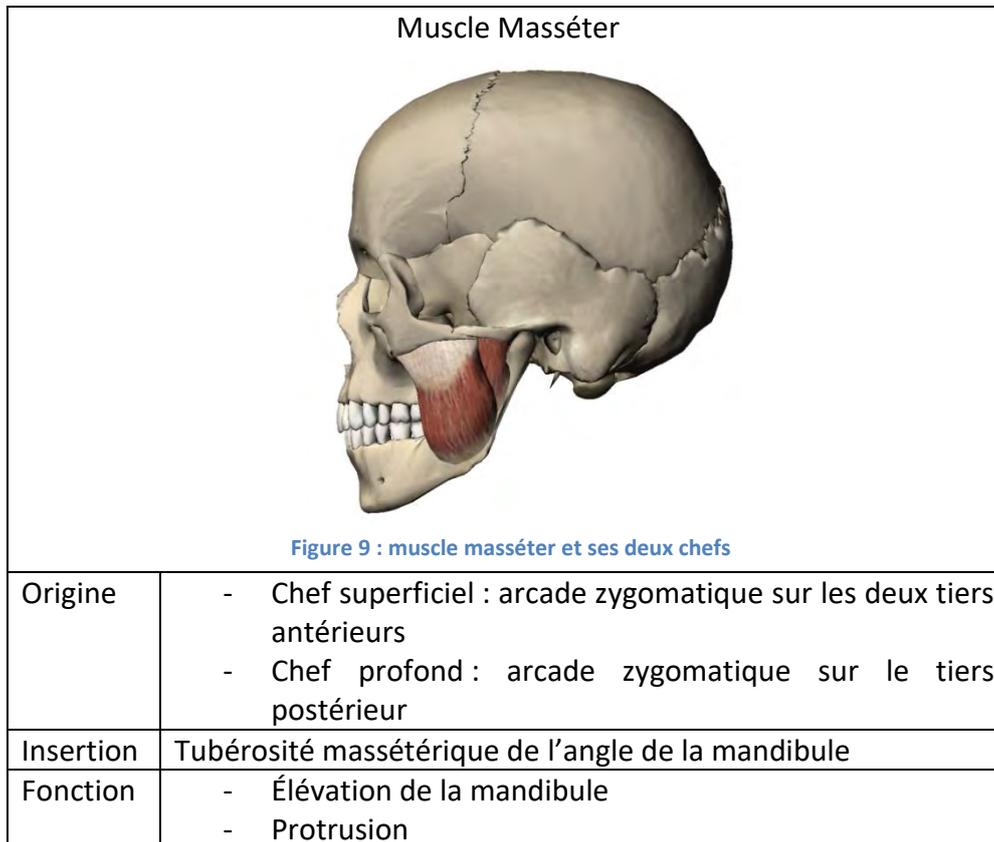


Figure 8 : mandibule 3D (Visible Body)

## 2. Anatomie musculaire

### A. Les muscles de la tête : muscles masticateurs

Il existe 4 paires de muscles masticateurs : les masséters, les temporaux, les ptérygoïdiens latéraux et les ptérygoïdiens médiaux. Ces muscles sont innervés par le contingent moteur du nerf V3. Leur rôle est d'élever la mandibule afin d'assurer la fermeture de la bouche. Ils permettent également les mouvements de mastication.



### Muscle Temporal

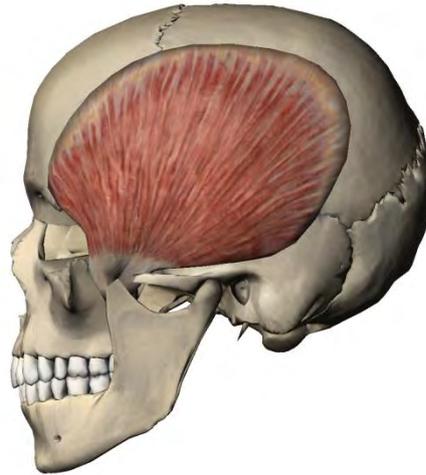


Figure 10 : muscle temporal (os zygomatique masqué)

Origine	Ligne temporale inférieure dans la fosse temporale
Insertion	Apex et face médiale du processus coronoïde
Fonctions	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Élévation de la mandibule</li> <li>- Rétrusion après protrusion</li> <li>- Diduction homolatérale à la contraction</li> </ul>

### Muscle Ptérygoïdien Latéral

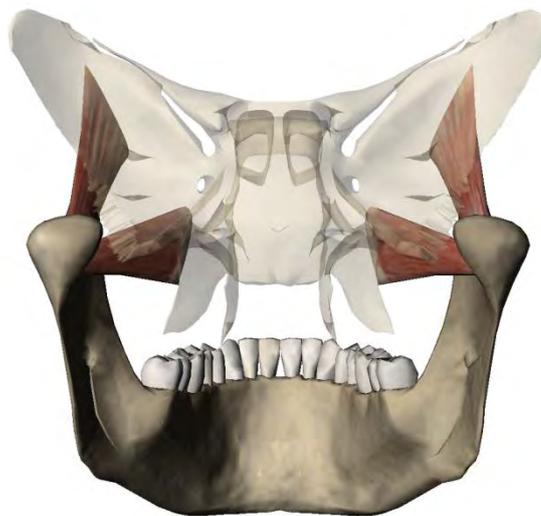


Figure 11 : muscles ptérygoïdiens latéraux en vue postérieure

Origine	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chef supérieur : crête infra-temporale (grande aile du sphénoïde)</li> <li>- Chef inférieur : face externe de la lame latérale du proc. ptérygoïde</li> </ul>
Insertion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chef supérieur : disque articulaire de l'articulation temporo-mandibulaire</li> <li>- Chef inférieur : processus condyloïde</li> </ul>
Fonction	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contraction bilatérale : initiation de l'ouverture buccale</li> <li>- Contraction unilatérale : diduction contro-latérale à la contraction</li> </ul>

### Muscle Ptérygoïdien Médial

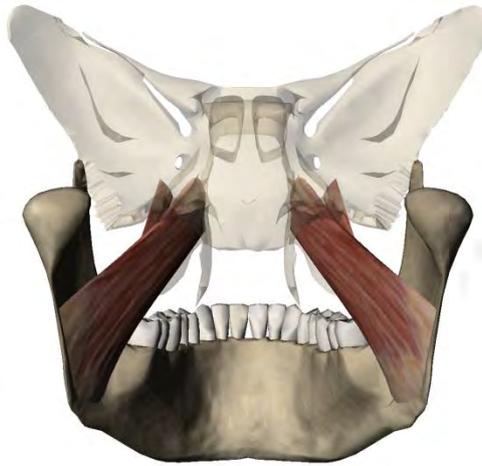


Figure 12 : muscles ptérygoïdiens médiaux en vue postérieure

Origine	Fosse ptérygoïdienne et lame latérale du processus ptérygoïde
Insertion	Face médiale de l'angle de la mandibule
Fonction	Élévation de la mandibule

## B. Muscles du cou : muscles supra-hyoïdiens

Les muscles supra-hyoïdiens jouent un rôle majeur dans la déglutition mais ils facilitent également l'ouverture buccale. Ils sont également au nombre de quatre.

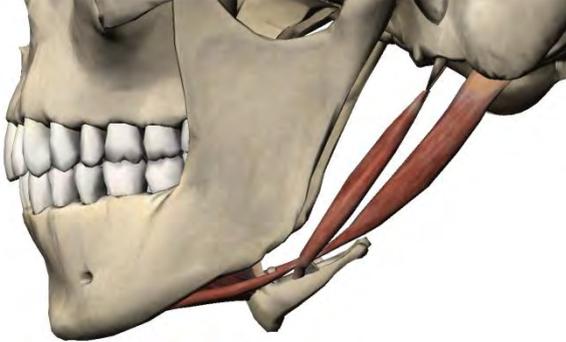


Figure 14 : muscles supra-hyoïdiens en vue latérale

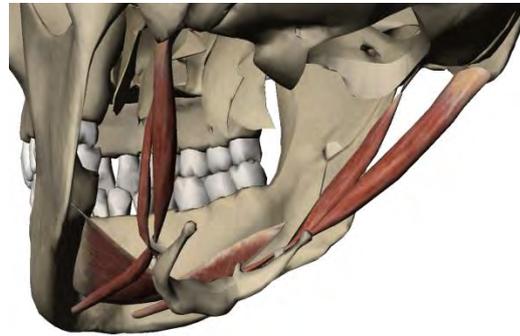


Figure 13 : muscles supra-hyoïdiens en vue postérieure

Muscle Digastrique	
Origine	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ventre antérieur : face interne du corps de la mandibule</li> <li>- Ventre postérieur : en médial du processus mastoïdien (incisure mastoïdienne)</li> </ul>
Insertion	Sur le corps de l'os hyoïde par l'intermédiaire d'un tendon reliant les deux chefs. Ce tendon traverse une boucle fibreuse servant de poulie de réflexion
Fonction	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Élévation de l'os hyoïde (mouvement de déglutition)</li> <li>- Facilitation de l'ouverture buccale</li> </ul>

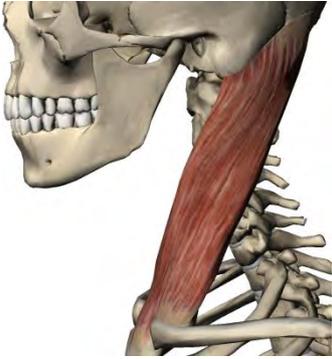
Muscle Mylo-hyoïdien	
Origine	Face interne de la mandibule (ligne mylo-hyoïdienne)
Insertion	Corps de l'os hyoïde par un tendon médian (raphé mylo-hyoïdien)
Fonction	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tension et élévation du plancher buccal</li> <li>- Traction antérieure de l'os hyoïde (déglutition)</li> <li>- Facilitation de l'ouverture buccale et des latéralités</li> </ul>

Muscle Stylo-hyoïdien	
Origine	Processus styloïde de l'os temporal
Insertion	Corps de l'os hyoïde par un tendon divisé
Fonction	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Élévation de l'os hyoïde (déglutition)</li> <li>- Soutien à l'ouverture buccale</li> </ul>

Muscle Génio-hyoïdien (non visible sur les images)	
Origine	Corps de la mandibule
Insertion	Corps de l'os hyoïde
Fonction	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traction antérieure de l'os hyoïde (déglutition)</li> <li>- Facilitation de l'ouverture buccale</li> </ul>

### C. Muscles superficiels du cou

Parmi les muscles superficiels du cou, facilement palpables, on trouve notamment les sterno-cléido-mastoïdiens, les trapèzes et le muscle platysma (qui est un muscle de la mimique et qui ne sera pas détaillé)

Muscle Sterno-cléido-mastoïdien	
	
<p>Figure 15 : muscle sterno-cléido-mastoïdien</p>	
Origine	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chef sternal : manubrium sternal</li> <li>- Chef claviculaire : tiers médian de la clavicule</li> </ul>
Insertion	Processus mastoïdien et ligne nucale supérieure
Fonction	Contraction unilatérale : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flexion homolatérale de la tête</li> <li>- Rotation controlatérale de la tête</li> </ul> Contraction bilatérale <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extension dorsale de la tête</li> <li>- Muscle inspireur accessoire si la tête est le point fixe</li> </ul>

### Le Trapèze



Figure 16 : muscles trapèzes gauche et droit

Origine	<p>Partie descendante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Os occipital (ligne nucale supérieure et protubérance occipitale externe)</li> <li>- Ligament nuchal et processus épineux des vertèbres cervicales</li> </ul> <p>Partie transverse :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tendon à la hauteur des processus épineux des vertèbres thoraciques 1 à 4</li> </ul> <p>Partie ascendante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Processus épineux des vertèbres thoraciques 5 à 12</li> </ul>
Insertion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiers latéral de la clavicule (partie descendante)</li> <li>- Acromion (partie transverse)</li> <li>- Épine de la scapula (partie ascendante)</li> </ul>
Fonction	<p>Partie descendante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Élévation oblique de la scapula et rotation externe</li> <li>- Inclinaison homolatérale de la tête</li> <li>- Rotation controlatérale de la tête</li> </ul> <p>Partie transverse :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Déplacement médial de la scapula</li> </ul> <p>Partie ascendante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Traction caudale et médiale de la scapula (soutien la rotation de la partie ascendante)</li> </ul> <p>Muscle entier :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fixation de la scapula sur le thorax</li> </ul>

### 3. Anatomie de l'articulation temporo-mandibulaire (ATM)

Les deux articulations temporo-mandibulaires relient la mandibule à la base du crâne, à la manière d'une balançoire.

D'un point de vue squelettique, elle se compose de la tête du condyle mandibulaire qui vient s'articuler avec la fosse mandibulaire de l'écaille de l'os temporal (recouverte d'une surface mal définie de fibro-cartilage). L'articulation est délimitée par le tubercule articulaire du temporal en avant et par le méat acoustique externe en arrière. Lors de la cinétique d'ouverture, les deux condyles sont tractés vers l'avant et vers le bas pour terminer leur course à l'aplomb de leur tubercule articulaire respectif.

La tête du condyle est de forme cylindrique à grand axe horizontal. Elle est plus petite que la fosse temporale ce qui permet une plus grande liberté de mouvements. En effet, la cinétique mandibulaire est définie dans les trois sens de l'espace. L'ouverture est permise par un mouvement de roto-translation des condyles en simultané tandis que les latéralités sont la résultante d'une rotation du condyle travaillant autour d'un axe vertical.

Pour rendre l'articulation fonctionnelle, un disque articulaire s'interpose entre la tête du condyle et la fosse mandibulaire. Sa forme biconcave asymétrique (photos) permet une bonne coaptation des surfaces articulaires notamment lors de l'ouverture où le condyle et le tubercule articulaire se retrouvent en contact bien qu'ils soient tous deux de forme convexe. Certains auteurs s'accordent pour dire que le disque articulaire ne serait en fait que le prolongement du chef inférieur du muscle ptérygoidien latéral.

L'articulation est stabilisée grâce à un jeu de ligaments et d'insertions musculaires. En vue latérale, on observe la capsule articulaire plutôt lâche, qui entoure l'articulation et qui s'étend jusqu'à la fissure pétro-tympanique en postérieur. Le disque articulaire fusionne avec cette capsule. Plus en externe, le puissant ligament latéral recouvre la capsule, il prend son origine sur le processus zgomatique du temporal et se dirige en arrière et vers le bas jusqu'à la base postérieure du col du condyle. On observe également le ligament stylo-mandibulaire, plus faible, s'insérant du processus styloïde du temporal jusqu'à l'angle goniale de la mandibule.

En vue médiale, on observe le ligament sphéno-mandibulaire qui s'insère de l'épine du sphénoïde et se dirige jusqu'à la face interne du ramus, en s'insérant en éventail autour du foramen mandibulaire. On observe également le ligament ptérygo-épineux.

D'un point de vue histologique, l'articulation temporo-mandibulaire est séparée en deux compartiments isolés : le compartiment supérieur dit disco-temporal et le compartiment inférieur dit disco-mandibulaire. Le disque biconcave est lui-même divisé en antérieur par une zone avasculaire riche en fibre de collagène et une partie postérieure très vascularisée.

En postérieur du disque se trouve la région bilaminaire qui est constituée de deux lames fibreuses. La partie supérieure s'insère sur la fissure pétro-squameuse et se compose de fibres élastiques. La partie inférieure s'insère sur le col du condyle. La région bilaminaire fait office de coussin rétro-articulaire permettant l'amortissement des chocs.

#### **4. Biomécanique de l'articulation temporo-mandibulaire.**

Les mouvements de l'articulation temporo-mandibulaire sont dits « combinés » : ils sont la résultante de plusieurs mouvements élémentaires associés. On en distingue trois :

- Le mouvement de rotation : ouverture et fermeture de la bouche
- Le mouvement de translation : déplacement de la mandibule en avant ou en arrière
- Les mouvements de diduction (ou latéralités) : déplacement latéral de la mandibule, à gauche ou à droite

##### **A. Le mouvement de rotation**

Lors de ces mouvements, on observe deux axes transversaux qui passent chacun par le grand axe de leur condyle respectif. Ces axes se coupent sur l'axe sagittal médian en formant un angle en moyenne de  $150^\circ$  (110-180). En ouverture buccale passive, c'est-à-dire jusqu'à  $15^\circ$  d'ouverture, les condyles effectuent leur rotation selon cet axe transversal et reposent toujours dans leur fosse mandibulaire.

##### **B. Le mouvement de translation**

Durant le mouvement de translation, les deux axes transversaux se déplacent conjointement sur le plan sagittal médian. Ils restent tous deux parallèles à leur axe initial lors de ce déplacement. Lors de l'ouverture, le déplacement se fait d'arrière en avant (protrusion) et d'avant en arrière pour la fermeture (rétrusion). Le mouvement de translation s'observe pour des ouvertures buccales supérieures à  $15^\circ$ . Ainsi, la translation se combine au mouvement de rotation initial lors de l'ouverture forcée.

D'un point de vue biomécanique pour une ouverture supérieure à  $15^\circ$ , le condyle est tracté vers l'avant pour terminer sa course à l'aplomb du tubercule articulaire du temporal. L'axe traversant le grand axe du condyle est déplacé ventralement. Au niveau musculaire, le chef inférieur du ptérygoïdien latéral tracte le condyle mandibulaire et le chef supérieur tracte le disque articulaire.

##### **C. Le mouvement de latéralité (gauche ou droite)**

Le mouvement de diduction est plus complexe que les deux mouvements précédents. Lors d'un tel mouvement, on distingue un côté travaillant et un côté non travaillant.

Lors d'un mouvement de latéralité gauche (côté travaillant), le condyle gauche est dit au repos, il effectue une rotation selon un axe quasi-vertical le traversant. Le condyle droit est dit pivotant, il effectue une course vers l'avant et vers l'intérieur par un mouvement de

translation. On quantifie ce mouvement de pivot en degré par rapport à l'axe sagittal médial : c'est l'angle de Bennet.

Lors d'un mouvement de latéralité droit, c'est l'inverse.

C'est ce mouvement de latéralité combiné au mouvement d'ouverture forcée qui va nous intéresser dans ce sujet de thèse.

#### **D. Bruits, algies et dyskinésies de l'articulation temporo-mandibulaire**

En occlusodontologie, on recherche les symptômes regroupés sous l'acronyme des BAD : les bruits de l'ATM, les algies et les dyskinésies. En cas de malocclusion, plusieurs signes cliniques peuvent apparaître tels que :

- la dégradation de la santé bucco-dentaire car les forces exercées par les muscles masticateurs peuvent être mal réparties.
- la dysfonction de l'ATM car la malocclusion déséquilibre la mandibule et génère des contraintes articulaires répétitives. On peut déceler douleurs, bruits et problèmes de trajectoire lors de l'ouverture et de la fermeture.
- un déséquilibre de la posture par l'asymétrie de la tonicité des muscles
- des maux de tête, acouphènes
- des ronflements et/ou apnées du sommeil qui peuvent perturber au long terme le développement chez l'adolescent et dégrader l'état de santé général.

### III. Embryologie et croissance cranio-faciale

D'un point de vue osseux, la tête est divisée en deux parties(9) (10):

- Le crâne, ou neurocrâne qui est lui-même divisé en deux sous-parties : la voûte du crâne et la base du crâne. Le neurocrâne est le siège de l'encéphale, des nerfs qui en émergent ainsi que des structures nécessaires à leur bon fonctionnement (vaisseaux sanguins).
- La face, ou viscérocrâne qui constitue la base osseuse des voies aérodigestives supérieures ainsi que certains organes sensoriels.

Embryologiquement, le massif cranio-facial est formé à partir des bourgeons faciaux. Lors de la neurulation à partir du 22<sup>ème</sup> jour jusqu'au 26<sup>ème</sup> jour de vie intra-utérine, les cellules des crêtes neurales migrent vers de nombreuses parties du corps pour se différencier en structures variées. Au niveau crânial de l'embryon, cette migration permet le développement du bourgeon frontonasal et des 5 paires d'arcs branchiaux.

- Le bourgeon frontonasal se développera pour former le neurocrâne. Il participe également à la partie supérieure du viscérocrâne.
- Le 1<sup>er</sup> arc branchial formera 2 bourgeons maxillaires et 2 bourgeons mandibulaires à l'origine du viscérocrâne (la face)

Le développement volumique des bourgeons est permis par leur colonisation par le méséctoderme. Il s'agit d'un tissu mésenchymateux composé du mésoderme et de l'ectoderme issu des cellules des crêtes neurales.

#### 1. Les mécanismes d'ossification(11)

L'ossification est un ensemble de phénomènes tissulaires et biochimiques qui aboutissent, par précipitation de sels de calcium, à la constitution d'un tissu osseux à partir d'un tissu mou. (12)

Il existe deux mécanismes d'ossification connus :

- L'ossification membraneuse qui se fait directement dans le mésenchyme.
- L'ossification enchondrale qui se produit à partir d'une maquette cartilagineuse, elle-même issu d'une ébauche mésenchymateuse.

On parle d'ossification mixte lorsque les os, comme la mandibule, allient les deux mécanismes.

Lors de la formation de ce premier os réticulaire immature, on parle d'ossification primaire. Des remaniements se mettent en place au sein de cette trame jusqu'à produire un os lamellaire mature, c'est l'ossification secondaire.

- Les os de la voûte crânienne sont formés par ossification membraneuse.
- Les os de la base du crâne s'ossifient à partir d'une maquette cartilagineuse, c'est pourquoi on appelle la base du crâne chondrocrâne, qui est issu d'une ossification enchondrale. La base du crâne selon Delaire(13) est le « terrain à bâtir de la face ». Longueur, largeur et surtout angulation du chondrocrâne ont un impact sur le développement de dysmorphoses et de malocclusions. Sa croissance est majoritairement basée sur la génétique.
- Enfin, l'étage facial est formé par ossification mixte à prédominance membraneuse. Concernant l'étage facial supérieur, l'ossification enchondrale ne concerne que les cornets inférieurs. Les autres os ont une ossification membraneuse. La mandibule, qui constitue l'étage inférieur est d'ossification mixte.

## 2. Croissance de la face

Lorsque les pièces osseuses se mettent en place, leur développement volumique s'initie de manière concomitante. La croissance est permise par différents mécanismes tels que la croissance suturale et la croissance par remodelage périosté.

La croissance de la face est majoritairement guidée par l'expression des fonctions oro-faciales mais aussi par l'orientation de la base du crâne et de la synchondrose sphéno-occipitale.

### A. Croissance du massif facial supérieur

Le massif supérieur est composé de 6 paires d'os : maxillaires, palatins, zygomatiques, lacrymaux, nasaux et cornets inférieurs ainsi que du vomer (qui est impair et médian). Tous ces os sont d'origine membraneuse sauf pour les cornets inférieurs qui sont issus d'une ossification enchondrale.

La croissance du massif facial supérieur est dirigée en avant et vers le bas, son principal moteur est l'os maxillaire. Le développement du massif supérieur est régi par la croissance suturale (environnement) et par remodelage périosté.

### B. Croissance du massif inférieur : la mandibule

Seul os mobile de la face, la mandibule se développe par ossification mixte(10) :

- ossification membraneuse en dehors du cartilage de Meckel
- ossification enchondrale à partir des cartilages secondaires. Après la naissance, le cartilage condylien est le seul à persister. Il est impliqué dans les anomalies des latérogathies et des latéro-déviation mandibulaires lorsque sa croissance est asymétrique.

La mandibule se développe selon 3 mécanismes de croissance(14) :

- La croissance suturale, minoritaire, qui se ferme à l'âge de 1 an et permet le développement transversal.
- La croissance modelante (par remodelage osseux) qui concerne les 3 sens de l'espace avec le V d'Enlow pour la largeur et la longueur mais aussi la hauteur avec la croissance alvéolaire régie par l'évolution des germes dentaires.
- La croissance condylienne est celle qui nous intéressera dans ce travail. Le cartilage condylien poursuit sa croissance jusqu'à la fin de la puberté. D'après Delaire, la quantité de croissance serait plutôt génétiquement programmée. La direction de croissance quant à elle, est régie par plusieurs facteurs : la génétique, l'orientation de la base du crâne mais aussi et surtout l'environnement. La génétique gouverne en partie la direction de croissance mais c'est tout particulièrement les fonctions orofaciales qui auront un rôle déterminant. Les fonctions perturbées telles que la ventilation ou la mastication entraînent par exemple des rotations horaires ou anti-horaires de la mandibule. Par ailleurs, les parafunctions comme la succion digitale sont connues pour causer d'importantes dysharmonies dento-maxillaires.

**Les parafunctions(15) :** on définit les parafunctions orofaciales comme : « l'ensemble des activités anarchiques exercées de manière répétée ou prolongée mettant en jeu les organes de la sphère orofaciale. Elles ne présentent pas de but précis et leur exécution n'est pas nécessaire. Elles se caractérisent par la déviation des praxies normales ou bien encore par leur exagération ou leur distorsion. Celles-ci peuvent être conscientes ou inconscientes et concerner l'ensemble des organes et structures de la bouche et des joues. Elles revêtent diverses formes et incluent les bruxismes, l'onchophagie, la morsure ou l'aspiration des lèvres et des joues, le mordillement d'objets divers, les habitudes pulsionnelles de la langue ainsi qu'une infinité de variations atypiques. »

Si l'on se réfère à cette définition, on pourrait assimiler la prise d'inspiration chez le nageur à une parafunction. Certes elle a un but précis et nécessaire mais son exécution est répétitive et la diduction est exagérée.

## IV. Concepts de posture et d'occlusion

### 1. La posture

La posture érigée de l'homme est permise par l'équilibre de tonicité des muscles du corps qui reposent sur le squelette (la structure). Bien qu'inconsciente et acquise, la posture est la résultante complexe d'interactions entre le système nerveux, le système musculo-squelettique, les informations environnementales et ce que l'on appelle les capteurs proprioceptifs.

#### A. Capteurs de proprioception

La proprioception est définie par la capacité d'un individu à percevoir (consciemment ou non) la position spatiale de ses différentes parties du corps dans l'environnement. Aussi appelée sensibilité profonde, sa fonction repose sur l'activité des récepteurs proprioceptifs (dits propriocepteurs) que l'on retrouve au sein des muscles, des tendons, des ligaments et des os.

La posture repose sur la proprioception ainsi que sur les capteurs posturaux associés. Parmi eux, on retrouve(16) :

##### a. L'oreille interne

Elle est composée du labyrinthe antérieur (la cochlée) et du labyrinthe postérieur. On y observe les canaux semi-circulaires au nombre de 6 qui renseignent le système nerveux central sur les accélérations angulaires céphaliques dans les trois sens de l'espace. C'est grâce à eux qu'un individu peut stabiliser son regard même lorsque son corps est en mouvement. On y trouve également les otolithes contenant des cristaux calciques qui permettent d'évaluer l'inclinaison de la tête.

##### b. L'œil et l'oculomotricité

Capteur fondamental et pilier de la posture, l'atteinte de cet organe implique très souvent un désordre postural. L'appareil visuel permet de confirmer la stabilité de l'environnement grâce à deux systèmes le composant :

- La rétine, extérocepteurs, supporte :
  - Les cônes, photorécepteurs au centre de la rétine, essentiels à la vision diurne, à la perception des couleurs et à l'acuité visuelle maximale. Cette acuité visuelle permettra la stabilisation de la posture selon un point de référence.
  - Les bâtonnets, photorécepteurs concentrés au niveau périphérique de la rétine, impliqués dans la vision nocturne et achromatique. Ils sont particulièrement réceptifs aux mouvements, que ce soit de l'individu par rapport à son environnement ou l'inverse.

- Les fuseaux neuromusculaires des six muscles oculomoteurs sont des intérocepteurs renseignant le système nerveux central sur la position de l'œil dans son orbite.

Lorsque que les informations reçues par l'appareil vestibulaire et l'appareil visuel ne s'accordent pas, le sujet ressent malaises, nausées et vomissements.

### *c. La peau*

Véritable barrière entre l'environnement et le soi intérieur, la peau est l'élément clé de l'homéostasie et l'organe des sens le plus vital. Elle est dotée de nombreux mécanorécepteurs sensibles au froid, au chaud, à la pression, au toucher, indispensables à la perception de l'environnement. Enveloppant également le pied, autre capteur majeur de la posture, elle lui confère ses capacités extéroceptives.

### *d. Le pied*

Le capteur podal joue un rôle majeur en termes d'équilibre et de posture. C'est l'unique partie du corps en contact direct avec le sol. Il fait preuve d'une grande capacité d'adaptation notamment en cas de défaillance des capteurs sus-jacents. Lorsqu'il est responsable de désordres posturaux, le pied est causatif et la dysfonction est en chaîne montante. Si à l'inverse, les capteurs sus-jacents sont défaillants et que la posture est corrigée et compensée par le pied, la dysfonction est en chaîne descendante. Enfin, la dysfonction peut également être en chaîne mixte. Au cours de la natation, le rôle du capteur podal est bien plus limité car c'est le corps entier qui repose dans l'eau. Cependant, les examens au cours de l'étude suivante ont été réalisés en conditions sèche en posture debout.

## B. Les chaînes posturales

Les chaînes posturales ont été décrites par différents auteurs tels que M. et N. Clauzade(16), G. Struyf-Denys(17) et P. Busquet(18). Ce concept assimile la tête à une plate-forme stabilisée à partir de laquelle cinq chaînes musculo-aponévrotiques et ligamentaires se distribuent. Elles permettent de se tenir debout. Au-delà de leur existence anatomo-fonctionnelle, les auteurs ont attribué à chacune d'elles une composante psycho-comportementale qui peut être mise en jeu lors de déséquilibre au sein de la chaîne.

Au sein d'une chaîne posturale, les muscles sont reliés et travaillent ensemble. La perturbation d'un élément de la chaîne implique une perturbation en cascade sur les autres éléments avec l'apparition de désordres fonctionnels à distance et d'anomalie posturales.

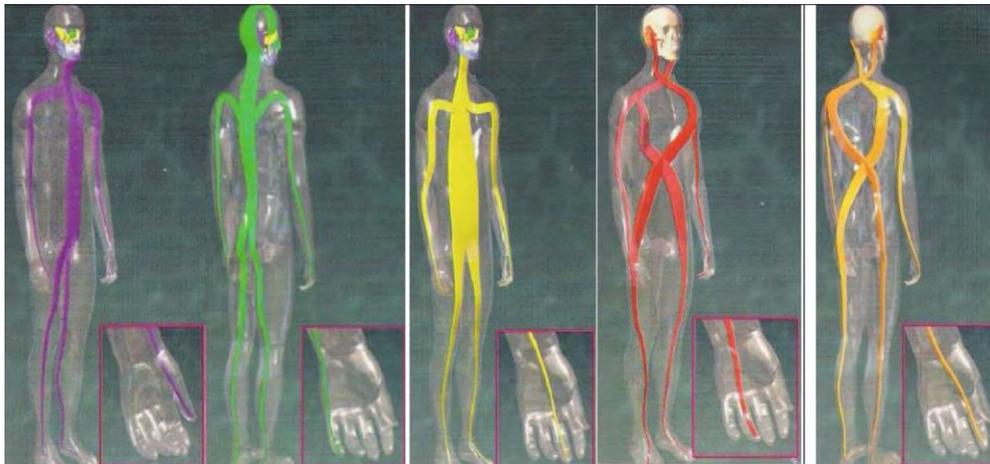


Figure 17 : de G à D, chaînes linguale, faciale, centrale, antéro-latérale et postéro-latérale

Source : LeBreton, Clauzade, Orthoposturodentie, 2007

### a. Les trois chaînes antéro-postérieures

Les chaînes antérieure, centrale et postérieure permettent la posture érigée. Clauzade les décrit comme « statiques, verticales, staturales ». La tête étant à l'origine des chaînes musculaires, la mandibule est le point de départ des chaînes antérieures (par l'os hyoïde, le sternum et la clavicule) et le maxillaire est celui des chaînes postérieures par sa liaison directe au crâne. Les tensions réciproques générées par chacune permettent l'équilibrage dans la posture.

### ***b. Les deux chaînes latérales dites masticatrices***

Décrites comme chaînes dynamiques, elles se structurent autour de la mastication et sont impliquées dans le sport.

Selon Campignon(19), la chaîne antéro-latérale est sollicitée dans la pratique de sports d'endurance et de précision. La chaîne postéro-latérale est plutôt impliquée dans les sports de vitesse et les sports d'équipe.

Chez un individu, les cinq chaînes posturales sont en équilibre et certaines s'expriment plus alors que d'autres sont plutôt inhibées. L'analyse de la posture finale du patient permettrait de mieux connaître son fonctionnement et sa personnalité.

### **C. L'appareil manducateur**

Il regroupe les arcades dentaires maxillaire et mandibulaire, les articulations temporo-mandibulaires, les muscles masticateurs associés et le système d'innervation par le trijumeau (Vème paire des nerfs crâniens).

LeBreton(20) explique dans son travail que le système manducateur fait office de « trait d'union entre les chaînes musculaires postérieures et antérieures ». Ceci peut expliquer que le sportif, au cours d'un effort intense, a tendance à serrer les dents pour développer une énergie musculaire suffisante. En effet, l'occlusion dentaire maximale permet de verrouiller les chaînes musculaires et de recruter un maximum de fibres musculaires(21) mais également de connecter les chaînes antérieures et postérieures entre elles.

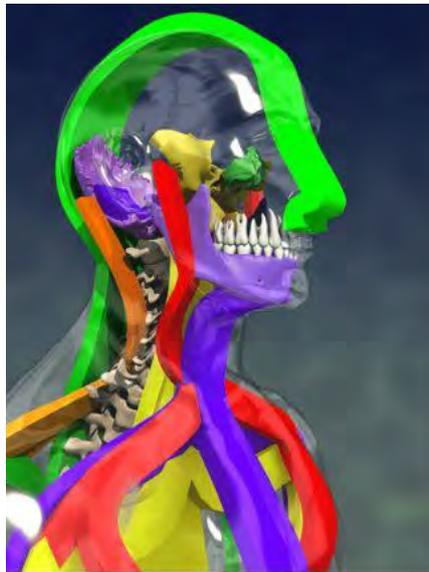


Figure 18 : le système manducateur, au cœur des 5 chaînes

L'appareil manducateur n'est pas un capteur proprioceptif mais est parfois assimilé comme tel au vu de sa fréquente implication lors de modification du système postural. Ceci peut être expliqué par les interactions entre les afférences proprioceptives du trijumeau (permises par le desmodonte, les muscles masticateurs et l'ATM) et celles du système vestibulaire au niveau du tronc cérébral. L'étude chez le rat menée par Pinganaud(22) démontre que ces connexions nerveuses sont impliquées dans les mécanismes de coordination visuelle et de stabilisation posturale.

Cette idée est renforcée par l'étude de Gangloff(23) montrant qu'une anesthésie loco-régionale unilatérale du nerf mandibulaire (V3) affecte l'équilibre et la posture. En effet, lorsque la mandibule n'est plus en position de relation centrée (en équilibre neuro-musculaire), la qualité du contrôle postural et de la stabilisation du regard est dégradée. Il observe les mêmes résultats lorsque les afférences trigéminales sont inhibées par l'anesthésie évoquée du nerf V3.

Chez le sportif, l'appareil manducateur joue un rôle majeur dans l'ancrage et la stabilisation du corps dans l'environnement. Le positionnement de la mandibule permet d'équilibrer un individu et d'améliorer la précision comme le basketteur Tony Parker lors de sa préparation au lancé du ballon.



Figure 19 : Tony parker positionne sa langue

Sources : L'Équipe, La Voix du Nord

## 2. L'occlusion dentaire

L'occlusion dentaire provient du latin *occludere* (enfermer) et *odontos* (la dent). Elle correspond à la fermeture de la bouche et à l'engrènement des dents mandibulaires par rapport aux dents maxillaires. Lorsque les dents sont correctement positionnées, on parle d'occlusion dentaire physiologique. C'est l'action synchrone et symétrique des muscles élévateurs (masticateurs) qui permet la bonne fermeture de la bouche.

L'Occlusion d'Intercuspidie Maximale (OIM) est une position de référence dans laquelle le sujet place sa mandibule en position serrée et verrouillée par le biais d'un engrènement maximal des dents. Lors d'un effort intense, il est fréquent d'observer le sportif en OIM car cette position permet d'augmenter son tonus musculaire global en équilibrant ses chaînes musculaires et en favorisant la tonicité des muscles élévateurs de la mandibule.

### A. Les malocclusions dentaires

On parle de malocclusion lorsque l'on observe un déséquilibre au niveau de l'occlusion. Bien qu'elles ne concernent que les dents, leur origine peut se situer à différente échelle : anomalie de développement de l'os basal, de l'os alvéolaire ou anomalie de position dentaire uniquement. Un défaut de développement de l'os basal mandibulaire aura forcément un impact sur la position de l'os alvéolaire et donc des dents. Cependant, la mauvaise position des dents impactera également les systèmes biologiques proches, notamment l'articulation temporo-mandibulaire et le système musculaire lié.

Les malocclusions existent dans les trois sens de l'espace.

- Dans le sens vertical, on parle d'infraclusion (béance) et de supraclusion (excès de recouvrement)
- Dans le sens sagittal, on définit les classes d'Angles II et III qui sont des malocclusions (la classe I correspond à la normocclusion)
- Dans le sens transversal, on trouve les occlusions croisées. Leur origine peut être dentaire (endo et exocclusion) mais aussi alvéolaire (endo et exoalvéolie) ou squelettique (latérogathie)

## B. Les facteurs favorisant la malocclusion

Les malocclusions ont pour la majorité une origine héréditaire et génétique : 80% des malocclusions dentaires prendraient leurs origines durant la vie intra-utérine selon G.Couly(24). Il est ainsi fréquent d'observer le même type de malocclusion au sein d'une famille.

Cependant, une malocclusion peut survenir au cours de la vie et ce principalement à cause de facteurs locaux, à savoir :

- la parafonction de type succion du pouce (ou tétine) après deux ans qui a tendance à antéverser les incisives et à créer une béance antérieure.
- la parafonction de type mauvaise position de la langue qui peut s'interposer entre les dents lors de la déglutition (déglutition atypique). Si la langue ne remplit pas ses fonctions, on peut également observer l'insuffisance de développement du maxillaire car elle n'occupe pas l'espace comme elle le devrait et ne stimule pas assez la croissance osseuse.
- la perte d'une ou plusieurs dents qui entraîne la migration anarchique des dents restantes au niveau des espaces libres. Une dent peut alors égresser en cas d'absence de son antagoniste ou bien se verser en mésial ou distal si elle est adjacente à une dent absente.
- les traumatismes physiques comme les coups et les chutes.

Comme évoqué précédemment, on peut se poser la question d'une parafonction lors de la respiration chez le jeune nageur qui effectue ce mouvement de latéralité de manière excessive et répétée.

### C. Les malocclusions transversales

Elles sont provoquées par les anomalies de développement (défaut ou excès) dans le sens transversal et concernent les occlusions croisées postérieures et/ou les décalages des milieux incisifs. Au cours de l'étude, une attention particulière sera portée au dépistage de ce type de malocclusions.

Une étude(25) chez le rat a montré que le déséquilibre occlusal provoqué par la pose d'une cale composite sur la première molaire maxillaire droite à T0 entraînait l'apparition d'une scoliose vertébrale en une semaine (T1) dans 100% des cas. Après la pose de la cale à droite, le rat plaçait sa mandibule vers la gauche avec un décalage du milieu incisif vers la gauche.

Après équilibrage de la mandibule à T1 par pose d'une deuxième cale sur la molaire opposée, 83% des 30 rats testés ont vu leur scoliose disparaître une semaine après (T2).



Figure 20 : cale composite sur molaire



Figure 21 : décalage des milieux incisifs vers la gauche

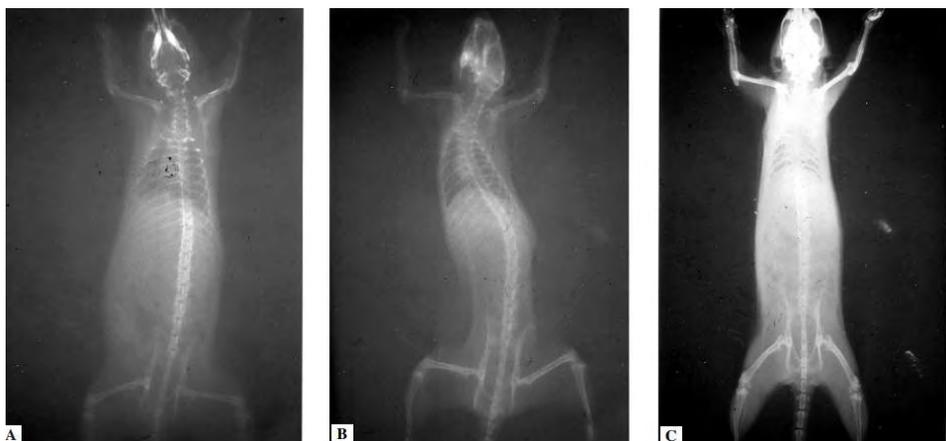


Figure 22 : stade initial (A : T0), apparition d'une scoliose (B : T1) et rétablissement (C : T2)

Une autre étude(26) menée dans les mêmes conditions mais avec un troisième groupe de rats sur lequel il n'y a pas eu de rééquilibrage a obtenu des résultats similaires.

Chez l'homme, ces observations semblent se confirmer également. L'étude(27) menée par Saccucci affirmerait que les patients ayant une occlusion inversée postérieure auraient un risque accru de développer une anomalie orthopédique telle qu'une bascule des ceintures scapulaires ou pelvienne et/ou une scoliose.

Dans l'autre sens, Huggare(28) a observé une plus forte prévalence de malocclusions latérales (et de prémolaires absentes) chez les patients présentant une scoliose. Sur 20 patients atteints d'une scoliose droite, 17 montraient une compensation crânio-cervicale vers le côté gauche de type déviation.

LeBreton nous invite toutefois à nuancer ces conclusions car il n'est pas précisé si ces malocclusions dentaires sont accompagnées d'une déviation mandibulaire. L'auteure explique que seulement 20% des articulés postérieurs sont accompagnés de déviation mandibulaire. En cas de déviation, l'apparition d'une scoliose à cause d'une perturbation des chaînes posturales semble légitime. Cependant, en l'absence de déviation, la question d'une répercussion posturale globale causée par un simple articulé inversé postérieur subsiste toujours(20).

### 3. L'impact des déviations mandibulaires(10)

Lorsque l'on parle de déviations mandibulaires, il semble important d'en distinguer deux types : la latérogathie et la latéro-déviatidn mandibulaire. Leur impact sur le reste du corps semble similaire mais leur diagnostic et leur prise en charge diffèrent.

La latérogathie est d'origine squelettique. Elle se caractérise par une asymétrie mandibulaire persistant en ouverture maximale et en relation centrée (RC). On observe une déviation du menton et du milieu inter-incisif. Elle peut notamment être causée par une hypercondylie ou un antécédent de latéro-déviatidn mandibulaire non traitée. Une surveillance assidue de la croissance est recommandée, la prise en charge pouvant aller jusqu'à la chirurgie orthognathique.

La latéro-déviatidn mandibulaire est d'origine cinétique. Elle se caractérise par un bon positionnement de la mandibule en relation centrée comme en ouverture maximale. Cependant, lors de la fermeture, l'occlusion d'intercuspidation maximale (OIM) et la relation centrée ne concordent pas. Elle est plutôt traitée par prévention et interception précoce. Un meulage sélectif ou un plan de surélévation peuvent corriger l'anomalie.

Les déviations mandibulaires perturbent l'équilibre des chaînes posturales et entraînent une asymétrie de tonicité musculaire qui se répercute en chaîne descendante sur le reste du corps.

Des études(29),(30) montrent qu'une interférence occlusale entraîne une modification instantanée et asymétrique de la tonicité musculaire du cou et notamment des sterno-cléido-mastoïdiens. En effet, Ferrario a montré que chez 30 sujets avec une tonicité musculaire des SCM symétrique, l'interposition d'une cale d'interférence occlusale entraîne une asymétrie de tonicité musculaire pour tous accompagnée d'une modification de l'angle de l'inclinaison du cou.

Lorsqu'il existe une interférence occlusale, la mandibule entre en contact prématuré avec un côté de l'arcade maxillaire lors de l'occlusion. Cela implique un abaissement du condyle mandibulaire d'un côté et une élévation de l'autre. Cette asymétrie provoque une rotation de l'os hyoïde et se répercute sur la tonicité des muscles supra- et sous-hyoïdiens et cervicaux. Le déséquilibre se prolonge alors jusqu'au rachis cervical, à la ceinture scapulaire et pelvienne en descendant(20).

Par ailleurs, Landouzy(31) s'intéresse à la posture dynamique en cas de déviation mandibulaire installée et avance quatre principes :

- Flexion antérieure du tronc limitée.
- Rotation de la tête homolatérale à la déviation mandibulaire limitée en cas d'ouverture buccale, cas typique de la respiration du nageur.
- Force diminuée sur l'épaule et le membre supérieur opposé à la déviation.
- Limitation de l'équilibre lors du transfert du poids sur le pied opposé à la déviation lors de l'ouverture buccale.

Ainsi, les déviations mandibulaires doivent être interceptées le plus tôt possible car elles entraînent des anomalies de postures statique et dynamique et de tonicité musculaire qui au fil du temps se compensent, installant alors un état pathologique chronique difficile à traiter. Chez le sportif, les articulés inversés postérieurs et les déviations mandibulaires sont à prendre en charge précocément car ils impactent la posture globale, les performances musculaires et l'équilibre.

## V. Partie expérimentale

### 1. Le projet clinique

Les déviations mandibulaires sont des dysmorphoses transversales d'origine complexe. Elles sont la résultante de nombreuses interactions entre le squelette, les muscles, les ligaments et les dents. Les forces de traction et de pression modèlent l'os durant sa croissance.

Ainsi, le crâne et la face, qui sont globalement cavitaires, sont des contenants d'organes qui se développent en fonction du contenu. En effet, la langue façonne la cavité orale grâce à son développement et son activité musculaire. Un œil manquant à la naissance aura pour conséquence une orbite plus petite que son orbite contro-latérale. Il en va de même pour la mandibule comme énoncé précédemment. Au niveau du cartilage condylien, les facteurs génétiques déterminent la quantité de croissance mais c'est l'environnement et les fonctions orales qui influenceront sur la direction de croissance.

La pratique de la natation à haut niveau implique un entraînement régulier et soutenu. Les nageurs en deux temps respirent de leur côté préférentiel un certain nombre de fois au cours de leur croissance. Ils créent volontairement un exercice asymétrique contraignant pour la mandibule et les muscles associés. Les tractions impliquées pourraient hyperstimuler le développement des cartilages de croissance au niveau condylien et provoquer à terme une déviation de la mandibule. Les déviations mandibulaires ont tendance à modifier la posture du sujet, ce qui impacte alors ses performances physiques et son équilibre général. De plus, la répétition intense d'une latéralité et d'une ouverture forcée pourraient déstabiliser l'articulation temporo-mandibulaire travaillante entraînant alors des bruits, algies ou dyskinésies à plus ou moins long terme.

Le projet de mettre en place cette étude a vu le jour lorsqu'une nageuse française finaliste des Jeux Olympiques a été prise en charge à Toulouse pour une latéro-déviations mandibulaire homolatérale à son côté préférentiel de respiration en crawl.

Ceci étant dit, l'étude menée prend son sens et son intérêt réside dans la recherche d'une association entre la pratique du crawl à respiration unilatérale et la présence d'une déviation mandibulaire.

Si tel est le cas, de nouvelles stratégies de prise en charge du nageur pourraient voir le jour tant du point de vue du chirurgien-dentiste que du kinésithérapeute grâce à la mise en place de dispositifs de prévention et d'information.

## 2. Les objectifs

### A. L'objectif principal de l'étude

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer une potentielle association d'une déviation mandibulaire avec le crawl à respiration unilatérale chez le nageur ayant pratiqué ce sport intensément au cours de l'adolescence.

### B. Les objectifs secondaires

Les objectifs secondaires sont l'évaluation d'une association du crawl unilatéral avec :

- la présence d'un décalage des milieux incisifs.
- la présence de bruits, d'algies et/ou de dyskinésies au niveau de l'articulation temporo-mandibulaire.
- la présence de tensions et de douleurs musculaires.
- la présence d'anomalie posturale telle qu'une bascule de la ceinture scapulaire.

## 3. Matériel et méthodes

### A. Choix de l'étude transversale

Des nageurs des clubs du TNC et de l'ASPTT ont été inclus pour cette étude observationnelle analytique de type transversal. La présence de la déviation mandibulaire et du facteur de risque (la pratique du crawl unilatéral) est recherchée de manière concomitante.

### B. La population étudiée

Au cours de cette étude, deux groupes sont comparés : un groupe de nageurs pratiquant le crawl en deux ou quatre temps (unilatéral) et un groupe témoin de nageurs pratiquant le crawl en trois temps (alterné).

### C. Information et consentement éclairé

Les candidats ont été informés sur le déroulement et l'objectif de l'étude, leur consentement a été recueilli. Ils ont accepté de répondre au questionnaire et d'être examinés.

### D. Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion sont les suivants :

- Être âgé au minimum de 18 ans
- Être un sujet ayant pratiqué la natation durant l'enfance et la période de croissance (9-18 ans)
- Avoir pratiqué la natation un minimum de 6 heures par semaine durant 4 années en club.
- Avoir nagé le crawl unilatéral ou alterné
- Accepter le recueil de données personnelles et de répondre au questionnaire
- Accepter de recevoir un examen clinique extra et intra-oral
- Comprendre et accepter le formulaire de consentement

### **E. Critères de non-inclusion**

Les critères de non-inclusion sont les suivants :

- Un âge inférieur à 18 ans
- L'absence de pratique régulière de la natation en club durant la période de croissance
- L'existence d'un traitement orthodontique antérieur à l'étude
- L'existence d'une chirurgie maxillo-faciale antérieure à l'étude
- L'existence de pathologie générale et locale pouvant interférer
- Le refus des conditions de l'étude

### **F. Questionnaire médical et sportif**

Dans un premier temps, un questionnaire (en annexe) a été remis aux nageurs afin d'établir leur contexte médical mais aussi sportif.

La première partie du questionnaire renseigne sur l'état civil, l'information du déroulé de l'étude et le contexte médical du sujet.

La deuxième partie concerne la pratique personnelle de la natation et plus précisément du crawl : s'il est unilatéral ou alterné, son intensité et son volume au cours d'un entraînement.

La troisième partie est axée sur le sujet lui-même, la perception de son état de santé général, la présence de douleur particulière ou de blessure qui peuvent être ou non liées à la natation. De plus, le sujet est invité à préciser son point de vue et à compléter le questionnaire avec ses impressions personnelles.

## G. Examen clinique

Dans un second temps, le sujet est examiné cliniquement en deux parties : intra-oral et extra-oral, conformément au déroulé de la consultation du DU de médecine bucco-dentaire du sport de Toulouse.

L'examen clinique est réalisé sans connaissance du questionnaire médical rempli au préalable afin de maintenir un recueil de donnée en aveugle.

L'examen extra-oral permet :

- de noter une asymétrie de la face dans le sens frontal et sagittal
- de palper les muscles masticateurs et du cou, relever une douleur, évaluer le synchronisme de la contraction
- de palper l'articulation temporo-mandibulaire, relever une douleur, un bruit, une cinétique perturbée
- d'évaluer l'amplitude de la rotation de la tête et de relever une éventuelle douleur
- d'analyser la posture dans le sens frontal et sagittal

L'examen intra-oral permet :

- d'évaluer la qualité de l'occlusion statique
- d'évaluer la cinétique mandibulaire (ouverture, diduction, propulsion)
- de relever d'éventuelles malocclusions et déviations des milieux
- d'évaluer la déglutition

#### 4. Résultats

L'étude transversale menée au cours de l'année 2022 se compose de 20 nageurs (n=20) et plus précisément de 3 femmes et de 17 hommes. Au sein de l'échantillon complet, on distingue 12 nageurs à respiration unilatérale et 8 nageurs à respiration alternée. Le groupe de nageurs à respiration unilatérale correspond au « groupe étudié » et le groupe de nageurs à respiration alternée correspond au « groupe contrôle ». Ces deux groupes sont comparés entre eux.

##### A. Présentation de l'échantillon de nageurs examinés

	Sujets n=20	
	Moyenne	Ecart-type
Âge	21,85	3,77
Taille (cm)	172,55	23,41
Poids (kg)	75,50	28,54
Âge de début de pratique (ans)	7,30	3,81
Nombre d'années de pratique	12,74	3,51
Pratique toujours actuelle (% de réponse positive)	90%	31%
Nombre d'entraînements/semaine	5,75	1,21
Durée d'entraînement (mn)	112,50	12,41
Intensité moyenne d'entraînement (1-5)	4,03	0,47
Niveau de santé générale perçu (0-10)	8,89	0,88
Impact de la natation sur la santé buccale (% de réponse positive)	20%	41%
Pourcentage de crawl sur un entraînement (%)	66,01%	23,67%
Nombre de passage de bras sur 50m	33,15	5,51
Nombre de respirations sur 50m	12,70	3,15

## B. Objectif principal : résultats concernant la déviation mandibulaire

	Nage unilatérale (n=12)	Nage alternée (n=8)	P-value
Déviat ion mandibulaire gauche	0	1	0,42857
Déviat ion mandibulaire droite	1	0	1
Total	1	1	1

Lors de l'examen clinique, aucun sujet du groupe « nage unilatérale » (n=12) et 1 sujet du groupe « nage alternée » (n=8) présentait une déviation mandibulaire gauche. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 0,42857.

De plus, 1 sujet du groupe « nage unilatérale » (n=12) et aucun sujet du groupe « nage alternée » (n=8) présentait une déviation mandibulaire droite. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 1.

Enfin, 1 sujet du groupe « nage unilatérale » (n=12) et 1 sujet du groupe « nage alternée » (n=8) présentaient une déviation mandibulaire, qu'elle soit gauche ou droite. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 1.

Dans ces conditions d'étude, nous ne pouvons conclure qu'il existe une association significative entre la pratique du crawl unilatéral et l'apparition ou la présence d'une déviation mandibulaire, quel qu'en soit le côté.

## C. Objectifs secondaires

### a. Résultats concernant le décalage des milieux incisifs

	Nage unilatérale (n=12)	Nage alternée (n=8)	P-value
Décalage gauche	8	1	0,2011
Décalage droit	0	0	1
Total des décalages des milieux	8	1	0,2011

Lors de l'examen clinique, 8 sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et 1 sujet du « groupe contrôle » (n=8) présentaient un décalage des milieux incisifs vers la gauche. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 0,2011

De plus, aucun sujet du groupe « nage unilatérale » (n=12) et aucun sujet du groupe « nage alternée » (n=8) ne présentaient de décalage des milieux incisifs vers la droite. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 1.

Ainsi, 8 sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et 1 sujet du groupe « nage alternée » (n=8) présentaient un décalage des milieux incisifs, qu'il soit gauche ou droit. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 0,2011.

Dans ces conditions d'étude, nous ne pouvons conclure à une association significative entre la pratique du crawl unilatéral et l'apparition ou la présence d'un décalage des milieux.

*b. Résultats concernant les bruits, algies, dyskinésies (regroupés sous l'acronyme BAD)*

	<b>Nage unilatérale (n=12)</b>	<b>Nage alternée (n=8)</b>	<b>P-value</b>
<b>Bruits</b>	5	0	0,1399
<b>Algies</b>	4	0	1
<b>Dyskinésies</b>	2	1	1
<b>Nombre d'athlètes avec BAD</b>	5	1	0,3797

Lors de l'examen clinique, 5 sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et aucun sujet du groupe « nage alternée » (n=8) présentaient des bruits au niveau de l'ATM. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 0,1399.

De plus, 4 sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et aucun sujet du « groupe contrôle » (n=8) présentaient des algies. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 1.

Par ailleurs, 2 sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et 1 sujet du « groupe contrôle » (n=8) présentaient une/des dyskinésie(s) lors des mouvements mandibulaires. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 1.

Enfin, sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et sujet du « groupe contrôle » (n=8) présentaient un ou des BAD quels qu'ils soient. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 0,3797.

Dans ces conditions d'étude, nous ne pouvons conclure qu'il existe une association significative entre la pratique du crawl unilatéral et l'apparition ou la présence de bruits, d'algies et/ou de dyskinésies au niveau de l'articulation temporo-mandibulaire.

### *c. Résultats concernant les douleurs musculaires*

	<b>Nage unilatérale (n=12)</b>	<b>Nage alternée (n=8)</b>	<b>P-value</b>
<b>Masséter</b>	3	0	0,5256
<b>Temporaux</b>	0	0	1
<b>Sterno-Cléido- Mastoidien</b>	2	0	0,5151
<b>Trapèzes</b>	5	0	0,1399

Lors de l'examen clinique, 3 sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et aucun sujet du groupe « nage alternée » (n=8) présentaient une douleur à la palpation des masséters. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 0,5256.

De plus, aucun sujet du groupe « nage unilatérale » (n=12) et aucun sujet du « groupe contrôle » (n=8) ne présentait de douleur à la palpation des temporaux. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 1.

Par ailleurs, 2 sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et aucun sujet du « groupe contrôle » (n=8) présentaient une douleur à la palpation des SCM. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 0,5151.

Enfin, 5 sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et aucun sujet du « groupe contrôle » (n=8) présentaient une douleur à la palpation des trapèzes. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 0,3797.

Dans ces conditions d'étude, nous ne pouvons conclure qu'il existe une association significative entre la pratique du crawl unilatéral et l'apparition ou la présence de douleur provoquée au niveau des muscles masséters, temporaux, SCM et trapèzes.

*d. Résultats concernant la limitation de rotation de la tête*

	<b>Nage unilatérale (n=12)</b>	<b>Nage alternée (n=8)</b>	<b>P-value</b>
<b>Rotation gauche</b>	7	1	0,2143
<b>Rotation droite</b>	0	1	0,4285
<b>Total limitation de rotation</b>	7	2	0,4310

Lors de l'examen clinique, 7 sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et 1 sujet du groupe « nage alternée » (n=8) présentaient une rotation limitée de la tête à gauche. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 0,2143.

De plus, aucun sujet du groupe « nage unilatérale » (n=12) et 1 sujet du « groupe contrôle » (n=8) présentait une rotation limitée de la tête à droite. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 0,4285.

Enfin, 7 sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et 2 sujets du « groupe contrôle » (n=8) présentaient une rotation de la tête limitée, que ce soit à gauche et/ou à droite. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 0,4310.

Dans ces conditions d'étude, nous ne pouvons conclure qu'il existe une association significative entre la pratique du crawl unilatéral et l'apparition ou la présence d'une limitation de la rotation de la tête.

#### *e. Résultats concernant l'alignement du plan scapulaire*

	<b>Nage unilatérale (n=12)</b>	<b>Nage alternée (n=8)</b>	<b>P-value</b>
<b>Épaule gauche haute</b>	3	1	1
<b>Épaule droite haute</b>	2	2	1
<b>Total gauche et droite</b>	5	3	1

Lors de l'examen clinique, 3 sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et 1 sujet du groupe « nage alternée » (n=8) présentaient une épaule gauche plus haute que l'épaule droite.

Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 1.

De plus, 2 sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et 2 sujets du « groupe contrôle » (n=8) présentaient une épaule droite plus haute que l'épaule gauche. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 1.

Enfin, 5 sujets du groupe « nage unilatérale » (n=12) et 3 sujets du « groupe contrôle » (n=8) présentaient une épaule plus haute que l'autre avec un plan scapulaire basculé. Après analyse avec le test exact de Fischer au sein de groupes appariés, la significativité (p-value) est égale à 1.

Dans ces conditions d'étude, nous ne pouvons conclure qu'il existe une association significative entre la pratique du crawl unilatéral et l'apparition ou la présence d'une bascule du plan scapulaire.

## 5. Discussion et critique

### A. À propos des résultats

Les résultats de l'étude infirment l'hypothèse que la pratique du crawl unilatéral aurait une incidence physique sur les nageurs en cours de croissance. Cependant, les nageurs unilatéraux ayant participé ont pour la plupart exprimé une gêne, une tension ou une douleur au cours de leur pratique et/ou dans leur quotidien.

Aussi, bien que l'échantillon étudié ait le potentiel pour démontrer une association avec significativité, il n'en demeure pas moins très restreint. Ceci s'explique par la difficulté à inclure des nageurs relativement disponibles répondant aux critères d'inclusion et de non-inclusion. À l'origine, l'étude devait porter sur des nageurs de haut-niveau mais leur calendrier soutenu ne leur laissait pas suffisamment de disponibilité. Par conséquent, le nombre limité de participants entraîne une faible puissance statistique qui serait corrigée en incluant un nombre supérieur de nageurs. Nous obtiendrions des résultats plus représentatifs et peut-être des associations significatives qui pourraient expliquer les contraintes ressenties par les nageurs à respiration unilatérale.

Par ailleurs, les résultats obtenus sont issus de données recueillies auprès des nageurs sur leur lieu d'entraînement. Le matériel s'est avéré limité en termes d'exploration clinique et la précision peut être grandement améliorée notamment grâce à l'axiographie. Celle-ci nous permettrait d'obtenir des mesures fiables et reproductibles concernant l'ouverture buccale ou la mise en évidence de déviation mandibulaire et autres pathologies de l'ATM.

L'utilisation d'un électromyogramme semblerait également judicieuse afin de mesurer les tonicités des muscles évoqués plus tôt, l'un indépendamment de leur homologue controlatéral. Ceci dans le but de repérer un potentiel déséquilibre musculaire et une compensation musculaire éventuelle.

Enfin, un examen stabilométrique permettrait de déceler objectivement un trouble de l'équilibre éventuel et viendrait compléter un bilan postural limité.

## **B. À propos de la respiration**

L'échantillon composé de 20 nageurs a répondu à une moyenne d'environ 66% de volume de crawl sur un entraînement. Une distance moyenne sur un entraînement classique pour des nageurs d'un tel niveau est aux alentours de 5300 mètres. Le crawl représenterait donc 3500 mètres sur un entraînement.

Nous avons obtenu une moyenne de 13 respirations par 50 mètres nagés en crawl. Après calcul, les nageurs ont respiré environ 910 fois. Pour comparaison, un humain déglutit environ 3 000 fois par jour(32) et lorsque la déglutition est atypique, on parle de parafonction. Ainsi, la respiration en crawl qui est un mouvement contraignant pour l'articulation temporo-mandibulaire, est répétée relativement fréquemment pour un nageur assidu. Pourrait-on parler de parafonction volontaire au vu de sa fréquence et de sa cinétique ?

## **C. À propos des blessures de l'épaule**

Un paramètre alarmant que nous avons pu remarquer est la sur-représentation de blessure à l'épaule au sein de l'échantillon de nageurs. En effet, 85% des nageurs ont répondu s'être blessé avec pour cause la pratique de la natation. Au sein des nageurs blessés, 94% affirment qu'il s'agissait de l'épaule.

La blessure de l'épaule semble être un passage quasi-inévitable lorsque l'on pratique la natation à un niveau soutenu à tel point que nous parlons même de « syndrome d'épaule du nageur » ou de « swimmer's shoulder ». La charge d'entraînement chez le nageur adolescent entraînerait une diminution de l'espace sous-acromial à l'origine de douleurs et de blessures(33). Ainsi, bien qu'à la question « la natation vous semble-t-elle un sport traumatisant », les nageurs questionnés aient répondu une moyenne de 2 sur une échelle de 0 à 5 (non-peu-moyen-beaucoup-excessivement), il semble toutefois judicieux de mettre l'accent sur un programme de prévention et de renforcement de l'épaule chez l'adolescent pratiquant.

## **D. À propos du décalage des milieux incisifs**

Bien que les résultats ne soient pas significatifs, le décalage des milieux incisifs vers la gauche est relativement présent au sein des nageurs à respiration unilatérale (8 cas sur 12). Il serait intéressant d'analyser la tendance au sein d'un échantillon plus conséquent étudié dans les mêmes conditions.

De plus, les chiffres présentés ne concernent que les nageurs à respiration unilatérale droite (il n'y avait qu'un nageur à respiration unilatérale gauche qui ne présentait pas de décalage de milieux et aucun nageur à respiration alternée n'avait de décalage incisif). Il est important de préciser que ces décalages n'étaient pas accompagnés de déviation mandibulaire. Si les résultats s'avéraient significatifs au cours d'une étude plus importante, il serait intéressant de comparer par la suite le côté du décalage incisif entre un groupe de nageurs unilatéraux droits et un groupe de nageurs unilatéraux gauche.

En effet, un décalage incisif opposé au côté préférentiel de la respiration, comme le présagerait cette pré-étude, serait particulièrement intrigant. Il pourrait s'agir d'une compensation à l'opposé de la déviation comme nous avons pu le voir dans les études concernant la déviation mandibulaire et l'apparition de la scoliose. Si une telle association était mise en évidence, l'intérêt porterait dans l'explication du mécanisme d'installation de ce décalage, avec éventuellement un jeu ostéo-musculo-articulaire spécifique à la respiration du crawl qui resterait à décrire.

#### **E. À propos de la limitation de la rotation de la tête**

Tout comme le décalage des milieux incisifs, la limitation de rotation de la tête a été fréquemment observée chez le groupe de nageurs à respiration unilatérale mais aucune association n'a pu être démontrée. La limitation s'observant en contro-latéral du côté de la respiration préférentielle, une étude menée sur un plus grand nombre de sujets nous permettrait de conclure avec plus de fiabilité.

Le nageur de crawl, qu'il ait une respiration unilatérale ou alternée, a toujours un côté préférentiel. Il peut être intéressant d'en justifier la cause et d'évaluer l'impact d'une nage unilatérale avec un éventuel risque de limitation de la rotation plus prononcé. Une analyse électro-myographique nous permettrait d'évaluer un possible différentiel de tonicité au niveau des muscles impliqués dans la rotation de la tête.

Comme évoqué précédemment, le concept de chaînes posturales soutient une liaison continue des muscles de la tête jusqu'aux extrémités. Ainsi, un déséquilibre musculaire au niveau de la tête et du cou pourrait interférer au niveau des muscles de l'épaule et du reste du corps.

**Conclusion :** Au vu des résultats, la déviation mandibulaire ne semble pas liée à la pratique intense du crawl à respiration unilatérale au cours de l'adolescence. Nous suspectons cependant un manque de puissance statistique et un échantillon plus conséquent serait souhaitable. Les résultats des objectifs secondaires nous invitent à poursuivre les investigations car le décalage des milieux incisifs, la limitation de la rotation de la tête, la présence de BAD au niveau des articulations temporo-mandibulaires et de douleurs musculaires au niveau de la tête et du cou sont particulièrement représentés au sein des nageurs à respiration unilatérale. Enfin, bien que connu, le syndrome de l'épaule du nageur mérite une attention particulière et les recherches en termes de prévention doivent persévérer.

## Conclusion

La respiration en crawl entraîne une perte de l'alignement corporel du nageur et une résistance supérieure au mouvement. Pour capter l'air le plus rapidement et efficacement possible, le nageur effectue un mouvement combiné d'ouverture buccale et de latéro-déviations sollicitant les articulations temporo-mandibulaires, les muscles masticateurs et le cartilage de croissance condylien (lorsqu'il est encore présent) de manière asymétrique.

L'appareil manducateur et principalement le positionnement de la mandibule influencent grandement le système postural bien qu'ils ne soient pas des capteurs proprioceptifs à proprement parler. La présence d'une déviation mandibulaire installée entraîne une diminution des performances physiques et un déséquilibre postural. Chez le sportif, cette anomalie est à bannir. Prévenir son apparition et la diagnostiquer est une priorité pour le chirurgien-dentiste et l'orthodontiste. La prise en charge devra être nécessairement pluridisciplinaire car la déviation mandibulaire peut aussi être une conséquence d'un défaut d'un capteur proprioceptif tel que l'appareil visuel ou le pied en cas de pathologie en chaîne ascendante. L'ophtalmologiste, l'ORL, l'orthodontiste, le chirurgien-dentiste, le podologue et le kinésithérapeute doivent travailler de concert afin de déterminer l'origine du désordre postural, d'en traiter la cause et ses conséquences, chacun dans sa sphère d'activité.

L'étude menée avait pour objectif de définir si la pratique du crawl à respiration unilatérale représentait un facteur de risque de l'apparition de la déviation mandibulaire, le travail asymétrique répété au cours de la croissance du nageur étant assimilé à une parafonction. Les résultats infirment cette hypothèse mais l'étude mérite d'être approfondie avec un diagnostic postural plus détaillé et un plateau technique plus développé tel que l'électromyogramme, l'axiographie et la stabilométrie sur un nombre plus important de sujets. En effet, le groupe de nageurs à respiration unilatérale se plaignait souvent de douleurs et de tensions musculaires au niveau crânio-cervical et montraient plus souvent une hauteur d'épaule inégale et une rotation de tête limitée. De plus, le décalage des milieux incisifs du côté opposé à la respiration sans déviation mandibulaire associée a été fréquemment relevé chez ces mêmes sportifs. Ces observations cliniques concrètes nous laissent perplexes face aux résultats et nous invitent à continuer l'exploration du sujet.

La natation en bassin est un sport où la sophistication du matériel joue un rôle mineur. L'avènement des combinaisons « magiques » en polyuréthane a pris fin en 2010 lors de leur interdiction en compétition. Seuls la forme physique, la technique et l'entraînement importent désormais. Comment ne pas imaginer l'intérêt des nageurs de haut niveau au regard de la prise en charge globale du sportif. La quête absolue de la performance pousse les clubs et les entraîneurs à s'intéresser aux nouvelles publications afin d'orienter leur préparation physique pour espérer créer la différence. Ainsi, cette pré-étude soulève des pistes de réflexion quant à la pratique du crawl à respiration unilatérale et l'approfondissement du sujet trouverait immanquablement une oreille attentive au sein de la communauté sportive.

Vu, le directeur de thèse, F. Diemer

Vu, le président du jury, V. Blasco-Baque



# Annexes

## Annexe 1 :

# Examen clinique nageur/nageuse

---

**Nom :**                      **Prénom :**                      **Âge :**

**Sexe :**                      **Taille :**                      **Poids :**

### OCCLUSION STATIQUE :

*Rapports incisifs :*                      normaux    décalés    surplomb    supraclusion    béance

*Rapports latéraux :*                      droit : normal/croisé                      gauche : normal/croisé

*Rapports canins :*                      droit : classe 1/2/3                      gauche : classe 1/2/3

*Édentements :*                      oui/non                      position :

*Dimension verticale :* normale                      augmentée                      diminuée

*Langue :*                      frein : normal/court                      déglutition : correcte/atypique

### OCCLUSION DYNAMIQUE :

*Ouverture/Fermeture :*                      correcte                      limitée                      déviée                      en  
baïonnette

*Latérodéviation :*                      oui/non                      gauche/droite

*Propulsion :*                      correcte                      limitée                      interférences

*Diduction :*                      canine /grp                      limitée gauche/droite                      interférences

*Prématurité :*                      oui/non

### PALPATIONS

*Masséters :*    douleurs : oui/non    synchronisme : oui/non                      contracture :  
gauche/droite

*Temporaux :*    douleurs : oui/non    synchronisme : oui/non                      contracture :  
gauche/droite

*SCM :*                      douleurs : oui/non                      contracture : gauche/droite

*Trapèzes :* douleurs : oui/non contracture : gauche/droite

*ATM :* douleurs : oui/non bruit : oui/non

## **EXAMEN POSTURAL**

### Verticale de Barré

*De face :* normal déviation haut milieu bas hauteur épaules :  
égale/inégale

*De profil :* plan scapulaire : antérieur/postérieur/rotation

### Rotation de la tête

*Gauche :* normale limitée douleur

*Droite :* normale limitée douleur

## **TESTS**

*Œil :* convergence correcte/incorrecte phorie correcte/incorrecte

*Force :* Bouche ouverte/fermée

## **NOTE :**

## Annexe 2 :

# Questionnaire nageur/nageuse

---

Nom :                                      Prénom :                                      Âge :  
Sexe :                                      Taille :                                      Poids :

L'objectif de cette étude est d'évaluer si la pratique du crawl avec une respiration uniquement unilatérale peut entraîner de manière significative une déviation mandibulaire chez le nageur au cours de sa croissance notamment. Deux groupes seront comparés selon le type de respiration qu'ils pratiquent : unilatérale ou alternée. Le questionnaire ci-après permet de définir au mieux votre pratique, merci d'y répondre de manière précise. Il sera complété d'un examen clinique de la tête et du cou. Si vous êtes mineur, la signature de votre responsable légal sera nécessaire. Les informations relevées sont soumises au secret médical.

## État de santé général :

Pathologie :                                      Hospitalisation/chirurgie :  
Traitement médicamenteux :                                      Allergie :

## À propos de votre pratique sportive

Depuis quel âge pratiquez-vous la natation ?

Pendant combien d'années avez-vous pratiqué ce sport ?

Pratiquez-vous toujours ce sport aujourd'hui ?

Quel est le plus haut niveau que vous ayez atteint au cours de votre pratique ?

Combien d'entraînements par semaine avez-vous effectués en moyenne ?

Quelle est la durée moyenne d'un entraînement en heure ?

Selon vous, quelle est l'intensité moyenne de vos entraînements ? 1 2 3 4 5

Quelle est votre nage de spécialité ?

Pratiquez-vous d'autres sports que la natation ? Si oui, lesquels :

## À propos du crawl

Avez-vous une respiration unilatérale ou alternée en crawl ? unilatérale - Alternée

Si elle est unilatérale, quel côté privilégiez-vous ? Gauche – Droite

Selon vous, quel pourcentage occupe votre pratique du crawl sur un entraînement ?

**Combien de passage de bras effectuez-vous sur 50 mètres en moyenne ?**

**Combien de prise d'air effectuez-vous sur 50 mètres en moyenne ?**

## **À propos de vous en tant que nageur/nageuse**

**À combien évalueriez-vous votre niveau de santé générale ? 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10**

**Avez-vous des douleurs osseuses, articulaires ou musculaires ? oui non Précisez : oss. artic. muscu.**

**Si oui, à quel niveau ?** Tête - mâchoire - nuque - cou - épaules - membres supérieurs - tronc - dos bassin - membres inférieurs

**Si oui, ces douleurs sont-elles provoquées par un mouvement particulier, une zone gâchette ?**

**Selon vous, est-ce lié à la pratique de la natation ? oui - non Précisez :**

**Vous êtes-vous déjà blessé(e) en raison de la pratique de la natation ? oui - non Précisez le type et la localisation des blessures :**

**Avez-vous bien guéri ? oui - non Si non, précisez :**

**Selon vous, la natation est-elle un sport traumatisant physiquement ? non-peu-moyen-plutôt-oui**

**Précisez votre point de vue :**

## **À propos de la natation et de votre état bucco-dentaire**

**Estimez-vous que la pratique de la natation impacte votre état bucco-dentaire ? oui - non Si oui, à quel niveau :**

**Avez-vous des bruits (crépitation, crissement, craquement, claquement) lors de l'ouverture buccale ? oui - non**

**Avez-vous des douleurs lors de l'ouverture buccale ? oui - non Si oui précisez de quel type :**

**Avez-vous la sensation d'avoir la mâchoire déviée en bouche ouverte, bouche fermée ou non ?**

oui en bouche ouverte

oui en bouche fermée

non

**Si oui, précisez le côté : gauche – droite**

**Ressentez-vous une quelconque autre gêne, tension au niveau des mâchoires et des articulations adjacentes ?**

**La prise d'air en crawl vous semble-t-elle être un mouvement contraignant pour votre corps ?**

Merci d'avoir répondu à ce questionnaire. L'étude portant sur la recherche d'une éventuelle déviation mandibulaire causée par la pratique du crawl, vous pouvez faire des remarques personnelles qui vous semblent en lien avec le sujet :

---

---

Le participant atteste par la présente signature, avoir été informé du sujet et des méthodes de l'étude et nous donner son consentement éclairé concernant le traitement des données ci-dessus.

Signature du participant :

## Bibliographie

1. Pedroletti. Natation et performance. Méthodologie et programme d'entraînement. Amphora. 1997.
2. Lamendin H. Odontologie du sport. CdP. 2004.
3. Chaddeville M. Nager un crawl efficace: Progression en 11 étapes. 2017.
4. Pedroletti M. Les fondamentaux de la natation. Amphora. 2013.
5. natationpourtous.com. Apprendre le crawl [Internet]. Disponible sur: natationpourtous.com
6. Chaddeville M. Natation - Méthode d'entraînement pour tous: Tests, séances spécifiques et exercices techniques. 2013.
7. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Tête, cou et neuro-anatomie. deboeck. (Atlas d'Anatomie Prométhée).
8. Visible Body. Logiciel Human Anatomy Atlas. 2021.
9. Bassigny F. Manuel d'orthopédie dento-faciale. MASSON. 1983.
10. Davido N, Yasukawa K. Orthopédie Dento-faciale et odontologie pédiatrique. Maloine. 2019.
11. Aknin J. Croissance générale de l'enfant. Elsevier. 2008. (Encycl Med Chir, Orthopédie dento-faciale).
12. Dictionnaire Larousse. In. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/ossification/56721>
13. Delaire J. Introduction à l'étude de la croissance du squelette facial. CdP. 1993. (Orthopédie Dento-Faciale; vol. 1).
14. Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. Am J Orthod. 1969;
15. Leray B. Parafonctions orofaciales: diagnostic, éducation thérapeutique et réhabilitation, le point en 2019.
16. Clauzade M, Clauzade N. Dents et performance sportive. Chiron. 2012.
17. Struyf-Denys G. Les chaînes musculaires et articulaires. Ictgds. 2000.
18. Busquet L. L'ostéopathie crânienne. Maloine.
19. Campignon Ph. Les chaînes musculaires et articulaires. Campignon. 2009.
20. Le Breton A. Occlusion et posture. 2017;

21. Lee SY, Park YJ, Park HM, Bae HJ, Yu MJ, Choi HW, et al. Effect of the Mandibular Orthopedic Repositioning Appliance (MORA) on Forearm Muscle Activation and Grasping Power during Pinch and Hook Grip. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(2):195-7.
22. 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.* avr 1999;264(1-3):133-6.
23. Gangloff. Unilateral trigeminal anaesthesia modifies postural control in human subjects. *Neurosci Lett.* 2002;330(2):179-82.
24. Couly G. Comment se forme la face ? *Sci Vie.* 1995;(190):48 à 57.
25. D'Attilio M, Filippi MR, Femminella B, Festa F, Tecco S. The Influence of an Experimentally-Induced Malocclusion On Vertebral Alignment in Rats: A Controlled Pilot Study. *CRANIO®.* avr 2005;23(2):119-29.
26. de la Madrid Fajardo V, Morales Garfias F, Ondarza Rovira R, Justus Doczi R, García-López S. Influence of an occlusal imbalance in the deviation and alignment of the vertebral spine in rats: a controlled trial. *Rev Mex Ortod.* janv 2016;4(1):e23-9.
27. Saccucci M, Tettamanti L, Mummolo S, Polimeni A, Festa F, Salini V, et al. Scoliosis and dental occlusion: a review of the literature. *Scoliosis.* déc 2011;6(1):15.
28. Huggare J, Pirttiniemi P, Serlo W. Head posture and dentofacial morphology in subject treated for scoliosis. 1991;Proceedings of the finnish dental society(1).
29. Ferrario VF, Sforza C, Dellavia C, Tartaglia GM. Evidence of an influence of asymmetrical occlusal interferences on the activity of the sternocleidomastoid muscle: OCCLUSION AND STERNOCLEIDOMASTOID MUSCLE. *J Oral Rehabil.* janv 2003;30(1):34-40.
30. Kibana Y, Ishijima T, Hirai T. Occlusal support and head posture. *J Oral Rehabil.* janv 2002;29(1):58-63.
31. Landouzy JM. Les A.T.M. Évaluation, Traitements odontologiques et ostéopathiques. De Verlaque. 1993.
32. Sohail Afkari. Measuring frequency of spontaneous swallowing. *Australas Phys Eng Sci Med.* 2007;(4).
33. Hibberd EE, Laudner KG, Kucera KL, Berkoff DJ, Yu B, Myers JB. Effect of Swim Training on the Physical Characteristics of Competitive Adolescent Swimmers. *Am J Sports Med.* nov 2016;44(11):2813-9.
34. Gangloff P. Influence de la proprioception cranio-faciale sur le contrôle postural et la stabilisation du regard [Theses]. Université Henri Poincaré - Nancy 1; 2002.
35. Shimazaki T. The effect of occlusal alteration and masticatory imbalance on the cervical spine. *Eur J Orthod.* 1 oct 2003;25(5):457-63.

36. Duizabo C. Incidence posturale dans la prise en charge des dysfonctions crânio-mandibulaires. 2014;84.
37. Delaire J. Le rôle du condyle dans la croissance de la mâchoire inférieure et dans l'équilibre de la face. *Rev Stomatol.* 1990;91(3):179-92.
38. Clauzade M, Darraillans B. Concept ostéopathique de l'occlusion. SEOO Éditions. 1989.
39. Clauzade M, Darraillans B. L'homme, le crâne, les dents. SEOO Éditions. 1992.
40. Clauzade M, Marty JP. Orthoposturodentie. SEOO Éditions. 1998.
41. Clauzade M, Marty JP. Orthoposturodentie 2. SEOO Éditions. 2006.
42. Couly G. ATM et interrelations fonctionnels masticatrices. *AOS.* 1976;(114):233-52.
43. Couly G. Développement céphalique. CdP. 1991.
44. Dupas Ph. Nouvelle approche du dysfonctionnement crânio-mandibulaire. CdP. 2005.
45. Dupas Ph. Le dysfonctionnement crânio-mandibulaire. CDP. 2011.
46. Filippi R, Hager PE. Occlusion dentaire et sport. *Swed Dent J.* 1993;17(5).
47. Gangloff P, Louis JP, Perrin PP. Dental occlusion modifies gaze and posture stabilization in human subjects. *Neurosci Lett.* 2000;4.
48. Kwon TG, Lee KH, Park HS, Ryoo HM, Kim HJ, Lee SH. Relationship Between the Masticatory Muscles and Mandibular Skeleton in Mandibular Prognathism With and Without Asymmetry. *J Oral Maxillofac Surg.* août 2007;65(8):1538-43.
49. Lippold C, Danes G, Schilgen M, B D, Hackenberg L. Relationship between thoracic, lordotic, and pelvic inclination and craniofacial morphology in adults. *Angle Orthod.* 2006;76(5):779-85.
50. Michelotti A, Buonocore G, Farella M, Pellegrino G, Piergentili C, Altobelli S, et al. Postural stability and unilateral posterior crossbite: Is there a relationship? *Neurosci Lett.* janv 2006;392(1-2):140-4.
51. Wakano S, Takeda T, Nakajima K, Kurokawa K, Ishigami K. Effect of experimental horizontal mandibular deviation on dynamic balance. *J Prosthodont Res.* oct 2011;55(4):228-33.
52. Tardieu C, Dumitrescu M, Giraudeau A, Blanc JL, Cheynet F, Borel L. Dental occlusion and postural control in adults. *Neurosci Lett.* janv 2009;450(2):221-4.

## Table des figures

Figure 1 : phase d'appui bras droit.....	15
Figure 2 : entrée en phase de traction bras droit .....	15
Figure 3 : fin de phase de traction et entrée en phase propulsive bras droit .....	15
Figure 4 : fin de phase propulsive bras droit, roulis et début de l'expiration.....	16
Figure 5 : phase aérienne bras droit et inspiration avec perte de l'alignement.....	16
Figure 6 : phase aérienne bras droit et inspiration, vue externe.....	16
Figure 7 : déviation de la mandibule à gauche (source : corbis).....	18
Figure 8 : mandibule 3D (Visible Body) .....	19
Figure 9 : muscle masséter et ses deux chefs .....	20
Figure 10 : muscle temporal (os zygomatique masqué) .....	21
Figure 11 : muscles ptérygoïdiens latéraux en vue postérieure .....	21
Figure 12 : muscles ptérygoïdiens médiaux en vue postérieure .....	22
Figure 13 : muscles supra-hyoïdiens en vue postérieure gauche .....	23
Figure 14 : muscles supra-hyoïdiens en vue latérale gauche .....	23
Figure 15 : muscle sterno-cléïdo-mastoïdien.....	24
Figure 16 : muscles trapèzes gauche et droit.....	25
Figure 17 : de G à D, chaînes linguale, faciale, centrale, antéro-latérale et postéro-latérale .	34
Figure 18 : le système manducateur, au cœur des 5 chaînes .....	35
Figure 19 : Tony parker positionne sa langue.....	36
Figure 20 : cale composite sur molaire .....	39
Figure 21 : décalage des milieux incisifs vers la gauche.....	39
Figure 22 : stade initial (A : T0), apparition d'une scoliose (B : T1) et rétablissement (C : T2)	39

## **Déviat ion mandibulaire et nageurs de crawl : pré-étude sur 20 athlètes**

---

### **RÉSUMÉ EN FRANÇAIS**

La pratique du crawl en deux ou quatre temps (à respiration unilatérale) est largement répandue en natation sportive. Lors de la respiration, le nageur dévie volontairement sa mandibule pour capter l'air. Cette étude a pour objectif de montrer si ce mouvement répété pourrait provoquer une déviation mandibulaire chez le nageur qui respire toujours du même côté notamment lorsqu'il pratique ce sport au cours de sa croissance. Un groupe de nageurs à respiration unilatérale a été comparé à un groupe de nageurs à respiration alternée. Aucune association n'a été démontrée entre la pratique du crawl en deux temps et l'apparition ou l'existence d'une déviation mandibulaire. Cependant, ces résultats sont à relativiser car un manque de puissance statistique est à considérer. Par ailleurs, de nombreux nageurs à respiration unilatérale présentaient plus souvent une rotation de la tête limitée, une hauteur d'épaule inégale, des douleurs et des tensions musculaires que le groupe de nageurs à respiration alternée. Un diagnostic postural plus approfondi sur un plus grand nombre de nageurs pourrait soulever des pistes prometteuses en termes de prévention, d'informations et de prise en charge globale des sportifs.

---

**TITRE EN ANGLAIS :** Mandibular deviation and crawl swimmers : pre-study on 20 athletes

---

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE :** Chirurgie dentaire

---

**MOTS-CLÉS :** Déviation mandibulaire, Natation, Posture, Malocclusion, Crawl

---

### **INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :**

Université Toulouse III – Paul Sabatier

Faculté de Santé – Département d'odontologie

3, chemin des Maraîchers, 31062 Toulouse cedex

---

**Directeur de thèse :** Pr Franck Diemer