



BU bibliothèque Lyon 1

<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

**UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON I
U.F.R. D'ODONTOLOGIE**

Année 2015

THESE N° 2015 LYO 1D 85

T H E S E

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 11 décembre 2015

par

Oriane LUCIANI

Née le 27 juillet 1989, à Lyon 2^{ème} (69)

**IMPACT DE L'OCCLUSION DENTAIRE
DANS LES PERFORMANCES AU HANDBALL**

JURY

Monsieur le Professeur ROBIN Olivier

Président

Madame le Docteur GRITSCH Kerstin

Assesseur

Monsieur le Docteur JEANNIN Christophe

Assesseur

Monsieur le Docteur ABOUELLEIL Hazem

Assesseur

**UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON I
U.F.R. D'ODONTOLOGIE**

Année 2015

THESE N° 2015 LYO 1D 85

T H E S E

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le : 11 décembre 2015

par

Oriane LUCIANI

Née le 27 juillet 1989, à Lyon 2^{ème} (69)

**IMPACT DE L'OCCLUSION DENTAIRE
DANS LES PERFORMANCES AU HANDBALL**

JURY

Monsieur le Professeur ROBIN Olivier

Président

Madame le Docteur GRITSCH Kerstin

Assesseur

Monsieur le Docteur JEANNIN Christophe

Assesseur

Monsieur le Docteur ABOUELLEIL Hazem

Assesseur

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université M. le Professeur F-N. GILLY

Vice-Président du Conseil d'Administration M. le Professeur H. BEN HADID

Vice-Président du Conseil Scientifique et de la Commission de Recherche M. le Professeur P-G. GILLET

Vice-Président du Conseil des Etudes et de la Vie Universitaire et de la Commission de la Formation et de la Vie Universitaire M. le Professeur P. LALLE

SECTEUR SANTE

Faculté de Médecine Lyon Est Directeur : M. le Professeur. J. ETIENNE

Faculté de Médecine et Maïeutique Lyon-Sud Charles Mérieux Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON

Faculté d'Odontologie Directeur : M. le Professeur D. BOURGEOIS

Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques Directrice : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA

Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation Directeur : M. le Professeur Y. MATILLON

Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine Directrice : Mme la Professeure A.M. SCHOTT

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Faculté des Sciences et Technologies Directeur : M. F. DE MARCHI, Maître de Conférences

UFR des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives Directeur : M. Y. VANPOULLE, Professeur Agrégé

Institut Universitaire de Technologie Lyon 1 Directeur : M. le Professeur C. VITON

Ecole Polytechnique Universitaire de l'Université Lyon 1 Directeur : M. P. FOURNIER

Institut de Science Financière et d'Assurances Directeur : M. N. LEBOISNE, Maître de Conférences

Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education (ESPE) Directeur : M. le Professeur A. MOUGNIOTTE

Observatoire de Lyon CNRS Directeur : M. B. GUIDERDONI, Directeur de Recherche

Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique Directeur : M. G. PIGNAULT

FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

Doyen	:	M. Denis BOURGEOIS, Professeur des Universités
Vice-Doyen	:	Mme Dominique SEUX, Professeure des Universités
Vice-Doyen	:	M. Stéphane VIENNOT, Maître de Conférences
Vice-Doyen	:	Mlle DARNE Juliette

SOUS-SECTION 56-01: **PEDODONTIE**

Professeur des Universités : M. Jean-Jacques MORRIER
Maître de Conférences : M. Jean-Pierre DUPREZ

SOUS-SECTION 56-02 : **ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Maîtres de Conférences : Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY, Mme Claire PERNIER,

SOUS-SECTION 56-03 : **PREVENTION - EPIDEMIOLOGIE ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE**

Professeur des Universités : M. Denis BOURGEOIS
Professeur des Universités Associé : M. Juan Carlos LLODRA CALVO
Maître de Conférences : M. Bruno COMTE

SOUS-SECTION 57-01 : **PARODONTOLOGIE**

Maîtres de Conférences : Mme Kerstin GRITSCH, M. Philippe RODIER,

SOUS-SECTION 57-02 : **CHIRURGIE BUCCALE - PATHOLOGIE ET THERAPEUTIQUE ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION**

Maître de Conférences : Mme Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD, M. Thomas FORTIN,
M. Jean-Pierre FUSARI, M. Arnaud LAFON

SOUS-SECTION 57-03 : **SCIENCES BIOLOGIQUES**

Professeur des Universités : M. J. Christophe FARGES
Maîtres de Conférences : Mme Béatrice RICHARD, Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE,
M. François VIRARD

SOUS-SECTION 58-01 : **ODONTOLOGIE CONSERVATRICE - ENDODONTIE**

Professeur des Universités : M. Pierre FARGE, M. Jean-Christophe MAURIN, Mme Dominique SEUX
Maîtres de Conférences : Mme Marion LUCCHINI, M. Thierry SELLI, M. Cyril VILLAT

SOUS-SECTION 58-02 : **PROTHESE**

Professeurs des Universités : M. Guillaume MALQUARTI, Mme Catherine MILLET
Maîtres de Conférences : M. Christophe JEANNIN, M. Renaud NOHARET, M. Gilbert VIGUIE,
M. Stéphane VIENNOT

SOUS-SECTION 58-03 : **SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES OCCLUSODONTIQUES, BIOMATERIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE**

Professeur des Universités :
Maîtres de Conférences :
Maître de Conférences Associé :

Mme Brigitte GROSGOGÉAT, M. Olivier ROBIN
M. Patrick EXBRAYAT, Mme Sophie VEYRE-GOULET
AYARI Hanène

SECTION 87 :
Maître de Conférences

SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET CLINIQUES
Mme Florence CARROUEL

REMERCIEMENTS

A notre président du jury,

A Monsieur le Professeur ROBIN Olivier

Professeur des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur d'Etat en Odontologie

Doyen Honoraire de l'UFR d'Odontologie de Lyon

Habilité à Diriger des Recherches

Responsable de la sous-section « Biomatériaux, Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biophysique et Radiologie »

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous fait en acceptant la présidence du jury de cette thèse.

Veillez trouver ici, l'expression de notre profond respect et de notre reconnaissance pour la qualité de votre enseignement ainsi que votre accessibilité durant de notre cursus.

A notre directeur de thèse,

Mr le Docteur JEANNIN Christophe

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Institut National Polytechnique de Grenoble

Nous vous remercions de l'immense honneur que vous nous fait d'avoir accepté la direction de cette thèse.

Nous sommes très heureux de pouvoir vous témoigner notre reconnaissance pour votre gentillesse, votre disponibilité, les encouragements que vous nous avez donnés tout au long de notre formation, qui ont largement contribué à notre attrait pour notre métier.

Permettez-nous au travers de ce travail de vous témoigner toute notre gratitude pour votre sens pédagogique et votre générosité à partager toute l'expérience que vous avez dans le domaine de l'occlusodontie.

Que cette thèse soit pour nous l'occasion de vous exprimer notre profonde reconnaissance et notre profond respect.

A nos juges,

Madame le Docteur GRITSCH Kerstin

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Lyon I

Nous sommes sincèrement honors de votre présence dans ce jury.

Veillez trouver ici, toute notre reconnaissance pour la qualité de l'enseignement que vous nous avez donné dans le service de Parodontologie.

Que cette thèse soit pour nous l'occasion de vous exprimer notre reconnaissance.

Mr le Docteur ABOULLEIL Hazem

Assistant hospitalo-universitaire associé au CSERD de Lyon

Diplômé en Chirurgie Dentaire

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faies en participant à notre jury et en jugeant notre travail.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de notre profond respect.

IMPACT DE L'OCCLUSION DENTAIRE

DANS LES PERFORMANCES AU HANDBALL

Table des matières

1	INTRODUCTION.....	1
2	Occlusion dentaire, posture et puissance musculaire	2
2.1	Relation entre le complexe hyo-mandibulaire et l'occlusion	2
2.1.1	Le complexe hyo-mandibulaire.....	2
2.1.1.1	<i>Mandibule et occlusion.....</i>	<i>2</i>
2.1.1.2	<i>Le complexe hyo-mandibulaire.....</i>	<i>3</i>
2.2	Qu'est-ce que la posture ?.....	4
2.3	La puissance musculaire	6
2.3.1	Moyens d'évaluation de la puissance musculaire	6
2.3.1.1	<i>Tests kinésiologiques</i>	<i>6</i>
2.3.1.2	<i>Réalisation de statokinésiogrammes</i>	<i>8</i>
2.4	Quelle est la conséquence attendue d'un déséquilibre occlusal sur la puissance musculaire ?	11
2.4.1	Conséquences d'une perturbation occlusale	11
2.4.2	Relation entre puissance musculaire, force et vitesse de mouvement	14
3	Interactions entre performance et occlusion au handball : évaluation expérimentale	16
3.1	La technique de tir au handball.....	16
3.1.1	Tir en extension avec élan.....	16
3.1.2	Tir en appui avec élan	17
3.1.3	Tir en appui sans élan	17
3.2	Application expérimentale	18
3.2.1	Objectifs.....	18
3.2.1.1	<i>Tester l'impact d'un déséquilibre occlusal sur la vitesse de tir au handball.....</i>	<i>18</i>
3.2.1.2	<i>Influence de la fatigue sur la performance.....</i>	<i>18</i>
3.2.2	Matériel et méthode.....	19
3.2.2.1	<i>Populations testées</i>	<i>19</i>
3.2.2.2	<i>Protocole expérimental</i>	<i>19</i>
3.2.2.2.1	<i>Réalisation d'une cale occlusale</i>	<i>19</i>

3.2.2.2.2	Mesures sur la Plateforme de force WIN-POSTURO®	20
3.2.2.2.3	Utilisation du radar pour mesurer la vitesse de tir	21
3.2.2.3	Corpus.....	21
3.2.2.4	Données observées	23
3.2.2.5	Traitements des données.....	24
3.2.3	Résultats	24
3.2.3.1	Collectif Meylan :.....	24
3.2.3.2	Collectif Vizille	26
3.2.3.3	Collectif Saint Genis Laval.....	27
3.2.3.4	Tableaux de synthèse	28
3.2.4	Analyse.....	29
3.2.5	Discussion	30
3.2.5.1	La plateforme de force.....	30
3.2.5.2	Les tirs.....	32
3.2.6	Perspectives.....	34
3.2.6.1	Amélioration de cette étude	34
3.2.6.2	Systèmes existants	35
4	CONCLUSION	37
5	ANNEXES	39
6	BIBLIOGRAPHIE.....	48

1 INTRODUCTION

Pourquoi penser que l'occlusion dentaire et les gestes du handballeur peuvent être liés?
Comment évaluer l'impact de l'occlusion sur la performance handballistique?

Nous allons tenter de répondre à ces questions à travers un travail qui m'a permis de mettre en relation mon « futur » métier et l'une de mes passions.

De nombreuses théories essentiellement fondées sur l'empirisme sont considérées comme acquises en odontologie. Parmi elles, le fait que l'**occlusion** ait un **impact** sur la **posture** et que, dans certains sports comme le football, on admette qu'elle ait un lien avec les **performances** et le nombre de **blessures**. Ainsi, en 2009, Aly CISSOKHO, a-t-il vu son transfert au Milan AC annulé car les médecins italiens auraient détecté un problème dentaire qui, selon eux, aurait pu provoquer de nombreux problèmes physiques, telles des blessures comme des pubalgies à répétition(1) .

Ces hypothèses paraissent « logiques », et ont des répercussions cliniques... Ainsi, dans leur exercice et par le biais de différentes écoles occlusales, les praticiens « occluso-conscients » ont-ils pu remarquer l'existence de **conséquences** de leurs actions **à distance**: disparition, réduction ou déplacements de douleurs, diminution ou augmentation de récurrence de tendinites et autres blessures, modification du confort, etc , ... (2). Dans ce cadre occluso-postural, la **prise en charge** d'un sportif doit être **pluridisciplinaire** et les traitements, autant que possible atraumatiques en vue d'améliorer les performances, la qualité de vie et de diminuer le taux de blessures(1).

À travers ce travail synthétique et d'une étude personnelle où nous avons essayé de caractériser l'**impact** d'une déstabilisation **occlusale** sur les **performances** de joueurs de handball, nous évaluerons l'intérêt de la mise en place de traitements occlusaux et posturaux au handball. Enfin, nous verrons les limites d'une telle prise en charge et les perspectives d'avenir de ces traitements dans l'optimisation des performances des joueurs en cours de progression.

2 Occlusion dentaire, posture et puissance musculaire

2.1 Relation entre le complexe hyo-mandibulaire et l'occlusion

2.1.1 Le complexe hyo-mandibulaire

2.1.1.1 Mandibule et occlusion

Maxillaire et mandibule sont 2 deux entités régies par différentes interfaces (3) :

- Des interactions **articulaires** : La mandibule s'articule avec la base du crâne via les condyles mandibulaires(4). Les ATM permettent le mouvement mandibulaire et, d'après MARGUELLES-BONNET et YUNG et al., seraient adaptées aux contraintes de pression et de frictions qu'elles subissent (5). Ils serviraient donc de « *système compensateur* » pour adapter les structures crâniennes à l'occlusion et amortir les forces. Une douleur à la palpation de l'ATM pourrait ainsi être révélatrice d'un étirement, d'un écrasement, ou encore d'une entorse des ligaments latéraux méniscaux (5).

- Interactions **occlusales** : La position de la mandibule est mécaniquement dépendante de l'engrènement entre les dents maxillaires et mandibulaires. L'interface entre ces deux éléments définit la Dimension Verticale d'Occlusion, qui est selon LEJOYEUX et al, « *la hauteur de l'étage inférieur de la face, ou, plus simplement, la distance qui sépare le point sous-nasal du gnathion, pendant la phase d'occlusion* »(6) .

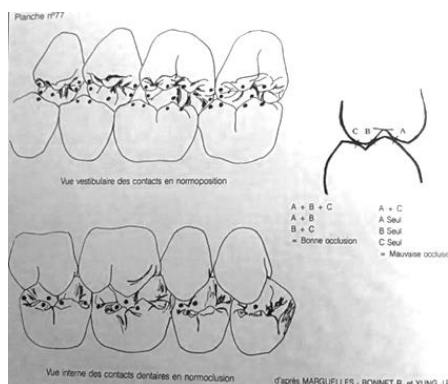


Figure 1 : Vue interne des contacts dentaires en normoocclusion d'après MARGUELLES-BONNET et YUNG et al. (5)

Selon CLAUZADE (4), l'**occlusion** participerait au maintien de l'**équilibre** général de deux façons :

- D'une manière centrifuge : elle serait le résultat d'un équilibre intracrânien et homéostatique.

- D'une manière centripète : elle pourrait par sa pathologie ou sa para fonction être la cause d'un déséquilibre intracrânien et organique.

2.1.1.2 Le complexe hyo-mandibulaire.

Il serait, selon CLAUZADE (4) un **point d'équilibre** de toutes les tensions aponévrotiques et musculaires. Il constituerait une « bulle à niveau d'équilibre qui devrait être rigoureusement horizontale ». Il aurait, par ailleurs, un rôle anatomique et fonctionnel, d'après les travaux d'HAMMOND (7).

- C'est un **point d'appui** pour mobiliser la **mandibule** par l'intermédiaire des groupes musculaires sus et sous-hyoïdiens qui participent au squelette ostéofibreux de la langue.

- Il y aurait selon CLAUZADE(4) une **interaction** entre le déplacement de la **colonne vertébrale** et celui de l'**os hyoïde** par le biais d'un rôle de régulateur des tensions antérieures par rapport aux tensions musculaires postérieures.

Un **déséquilibre mandibulaire** induirait ainsi un déséquilibre de la position de l'os hyoïde avec des **répercussions** musculaires à distance.

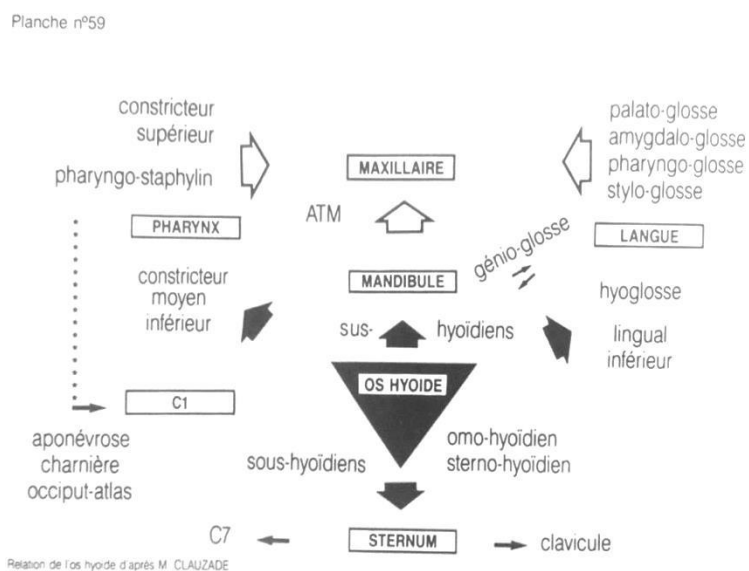


Figure 2 : Interrelations de l'os hyoïde selon CLAUZADE (Concept ostéopathique de l'occlusion)

(4)

La **palpation** clinique serait donc fondamentale. L'os hyoïde ne devrait pas bouger ou légèrement au départ du mouvement lors de l'inclinaison de la tête. Son implication dans un quelconque mouvement signerait une tension neuro-musculo aponévrotique : « La position de l'os hyoïde est

le reflet de la tension des muscles, des fascias, des ligaments attachés à lui. Son **déplacement** indique toujours une **tension** du squelette viscéral de l'individu ». Il a donc un rôle central dans l'équilibre musculaire et postural selon CLAUZADE(4).

Par ce biais, ou même de manière passive (transmission passive de la contrainte par étirement de la longueur musculaire qui joue alors le rôle de courroie de transmission), un changement de position de la **mandibule** affecterait la **posture** du corps et inversement, tout changement de posture du corps affecterait la position mandibulaire.

Nous utiliserons cette notion par la mise en place d'une cale occlusale unilatéralement qui devrait déstabiliser cette « bulle à niveau » qu'est l'os hyoïde, par la bascule mandibulaire engendrée par la cale. Nous regarderons ensuite, de manière la plus objective possible, les répercussions sur la posture qu'entraîne ce décalage.

2.2 Qu'est-ce que la posture ?

La posture résulte donc d'**activités musculaires** ayant pour but de maintenir la position adoptée avec une **économie maximale d'énergie** (8). L'ensemble de ces activités neuromusculaires est appelé Activité Tonique Posturale Orthostatique (ATPO). Altérer ou améliorer l'occlusion dentaire entraînerait des modifications au niveau de la posture céphalique et au niveau de la posture corporelle globale. Il existerait différents types de relation entre ces deux entités. (9)(10)(11)(12).

Les centres de régulation de la posture corporelle sont les noyaux vestibulaires et le cervelet. La portion sensitive du nerf trijumeau qui innerve les dents maxillaires et mandibulaires trigéminaux présente des connexions avec les centres de régulation de la posture. En effet, les noyaux de ces 2 systèmes sont anatomiquement liés d'après MEYER et BARON (13). Ces relations anatomiques suggéraient que le système trigéminal pourrait participer au contrôle postural, bien que les interactions réelles au sein de structures ganglionnaires soient très délicates à préciser.

Il y aurait également une **relation** entre **l'occlusion** et **la posture céphalique**. En effet, la classe d'angle de l'occlusion dentaire influencerait la position de la tête et du cou, et la résorption

alvéolaire à la suite d'extractions dentaires entraînerait une rétroversion de la colonne vertébrale cervicale et une réduction de l'angulation cranio-cervicale, d'après le mémoire de M. FRANC (12).

De même, serrer les dents dans une **position occlusale dysfonctionnelle** provoquerait un **déséquilibre de l'activité des muscles cervicaux**. En effet, tout muscle serait le maillon d'une chaîne musculaire fonctionnelle globale selon les hypothèses de STUYF-DENYS (14). On pourrait alors observer des retentissements à distance des dysfonctions musculaires cervicales.

L'étude menée par GIANNAKOPOULOS et al. nommée "Neuromuscular interaction of jaw and neck muscles during jaw clenching" a testé l'hypothèse selon laquelle les muscles masticateurs et les muscles du cou auraient une contraction coordonnée lors des contacts sub-maximaux de serrage ou lors des grincements de dents pour différentes directions de la force de morsure(15). Ses résultats montrent une différence significative des contractions en fonction de la force et de la direction exercée par les muscles masticateurs et une co-contraction de 3 à 10%. Il existerait donc une **relation entre le serrage et direction des forces exercées et l'activité des muscles du cou**.

Le corps humain serait ainsi organisé en chaînes articulaires solidarisées entre elles grâce aux chaînes musculaires qui les unissent. Une dysfonction musculaire pourrait alors entraîner à distance une dysfonction articulaire (12).

Selon l'étude de JACQUES et al, l'occlusion et la position mandibulaire auraient un rôle sur le maintien de la posture corporelle globale. En effet, cet auteur a montré que le contrôle postural était différent si le patient portait des cales en occlusion latérale(16). Ainsi d'après cette étude, l'ajout de cales **modifie** la **position moyenne** du centre des **pressions** exercées au sol par le corps, sur l'axe antéro-postérieur. Il modifie aussi les déplacements du centre des pressions, sur le même axe. Ces effets varient selon que les yeux sont ouverts ou fermés et suggèrent une répercussion de l'occlusion dentaire sur la proprioception.

Il apparaît donc que les **troubles occlusaux**, ceux des muscles masticateurs ou de l'articulation temporo-mandibulaire peuvent entraîner l'**apparition** ou entretenir un **trouble postural** global.

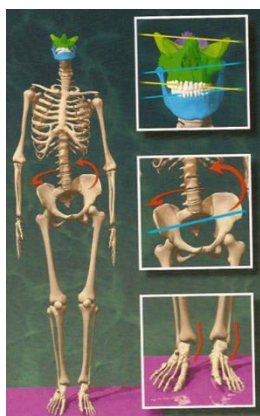


Figure 3 : Conséquence d'une dysfonction occlusale dans le sens latéral d'après CLAUZADE et MARTY(17). Ce schéma permet de se représenter

l'impact sur le reste du corps d'une déstabilisation occlusale (comme une cale occlusale unilatérale).

Selon CLAUZADE, le test de MEERSERMMAN (développé dans la partie 2.3.1.1) permet de définir un plan de **traitement thérapeutique** pour orienter le patient vers la spécialité incriminée (podologue, orthoptiste, dentiste, ...).

Cependant, plusieurs **études** mettent en garde quant à la **difficulté** d'apporter des **preuves** objectives et rigoureuses face aux nombreuses variations interindividuelles des variables posturales mesurables, comme celle de BALDINI et al. dans «Evaluation of the correlation between dental occlusion and posture using a force platform» (18) et celle de TSOLKA et al. dans "Kinesiographic and electromyographic assessment of the effects of occlusal adjustment therapy on craniomandibular disorders by a double-blind method" (19).

L'idée développée dans ce travail est de dire que si des problèmes occlusaux peuvent engendrer des troubles posturaux, peut-être alors, peut-on alors envisager l'optimisation des contacts occlusaux pour améliorer la posture. Ceci permettrait d'envisager une augmentation de la performance par suppression des parafonctions musculaires, dépenses énergétiques inutiles, et une diminution du taux de blessures qui leur sont liées.

Avant d'aborder la partie expérimentale, nous allons aborder la puissance musculaire et les spécificités de la technique de tir au handball.

2.3 La puissance musculaire

2.3.1 Moyens d'évaluation de la puissance musculaire

2.3.1.1 Tests kinésiologiques

La kinésiologie, étude des mouvements du corps grâce à des tests musculaires, a été fondée par GOODHEART. Elle utilise un système diagnostique et thérapeutique, dont la plupart des éléments ont été découverts par le hasard et l'observation(20). Le corps humain en bonne

santé présenterait ainsi un **équilibre entre 3 paramètres** relatés dans le travail de thèse de M.TIJARDOVIC (21) :

- **structurel** (musculo squelettique, appareils digestif, respiratoire et cardio-vasculaire, lymphatique et système nerveux),
- **biochimique** (influencés par la nutrition, les médicaments)
- **psychologique**.

Un déséquilibre de l'un de ces facteurs se ressentirait sur les deux autres et pourrait être diagnostiqué grâce à des tests kinésiologiques.

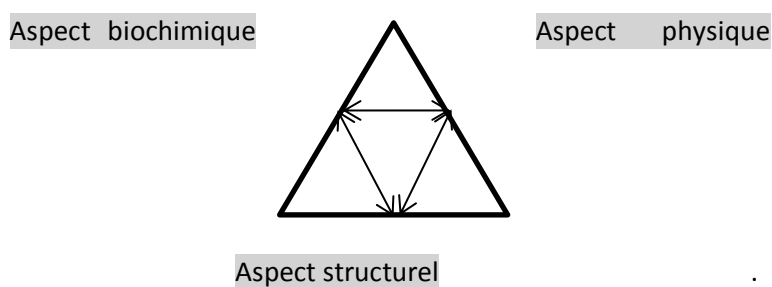


Figure 4 : concept kinésiologique, schéma issu de la thèse de M.TIJARDOVIC (21)

Principe : si on applique une force externe sur une articulation saine, celle-ci oppose une force musculaire équivalente. Si l'articulation est malade, la force appliquée entraîne le fléchissement de l'articulation en raison d'une résistance insuffisante (4).

Application à l'odontologie et réalisation **du test de MEERSERMMAN** :

1- On réalise l'expérience en occlusion de convenance, puis après reprogrammation occlusale par le biais de cotons salivaires qui éliminent les interférences occlusales, on demande au patient de déglutir et de marcher ce qui reprogramme en quelques secondes la musculature posturale.

2- On peut alors tester la force de résistance du bras (facia lata ou deltoïde) avec et sans coton salivaire.

Dans notre étude, nous testerons la puissance musculaire directement en faisant tirer le joueur. Une moindre puissance sera alors révélée par une moindre vitesse d'éjection de la balle.

Il est important de noter qu'il y a à ce jour un **manque de preuves** de l'efficacité, de la validité et de la fiabilité de la " **Kinésiologie Appliquée** ". Il est donc essentiel d'élaborer des critères d'évaluation rigoureux et de tenter d'expliquer les résultats en accord avec les connaissances médicales actuelles ou des hypothèses à valider (22).

2.3.1.2 Réalisation de statokinésiogrammes

La **plateforme de stabilométrie** évalue la posture et l'équilibre de l'individu(8). Elle permet, grâce à des tests normalisés, la réalisation de statokinésiogrammes comparables entre eux et à la population générale dont la base de données comporte plus de 10 000 sujets.

La plateforme stabilométrique, conçue par la société Médicaptureur, dont s'est dotée la faculté d'odontologie, repose sur un trépied de jauges de contraintes situées au sommet d'un triangle équilatéral égal à 40 centimètres de côté. Ces trois points déterminent un plan. Le plan moyen où se trouvent les résistances se trouve à la distance v , égale à 11,3mm du plan supérieur de la plateforme (voir figure 8). Ces jauges conviennent à l'enregistrement de fréquences très basses (0.04Hz) étudiées en stabilométrie (23).

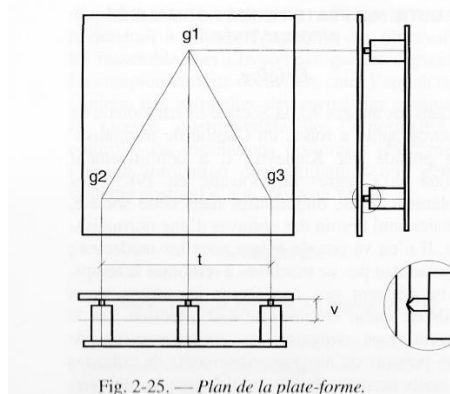


Figure 5 : Plan d'une plateforme stabilométrique(23)

Chaque jauge subit une déformation relative par rapport aux autres en fonction des mouvements du sujet, ce qui permet le calcul par le logiciel (ici le logiciel WinPosturo®) des variations de positions enregistrées durant une durée donnée (51.2 secondes) et selon une fréquence prédéfinie (20 Hz) par rapport au référentiel d'origine, le barycentre O du polygone de sustentation (8). Celui-ci doit être à une distance connue e du centre C du triangle équilatéral sinon le paramètre VFY (distance du point représentatif O d'un sujet à la courbe de régression qui est normalement nul) n'a plus de valeur. De même le polygone de sustentation du sujet doit être parfaitement centré par rapport à l'axe OY, sinon le paramètre X-moyen n'a plus de valeur. C'est

pourquoi les conditions d'enregistrement sont normalisées, et les positions des pieds dont la pointure doit être connue sont guidés par des cales afin que toutes ces données soient maîtrisées (voir figure 9). Ils sont positionnés grâce à des plateformes de calage avec un angle de 30° de telle sorte que le barycentre du polygone de sustentation soit situé sur l'axe sagittal. Le sujet doit, de plus, être en face d'un mur blanc, ou neutre, avec un point de fixation situé à 1m environ du sujet: soit un fil de plomb, soit un point fixe face au regard. En effet, la plateforme mesure comment le sujet se stabilise dans son environnement. Pour que les résultats soient comparables il faut donc que l'environnement, surtout visuel soit également normalisé.

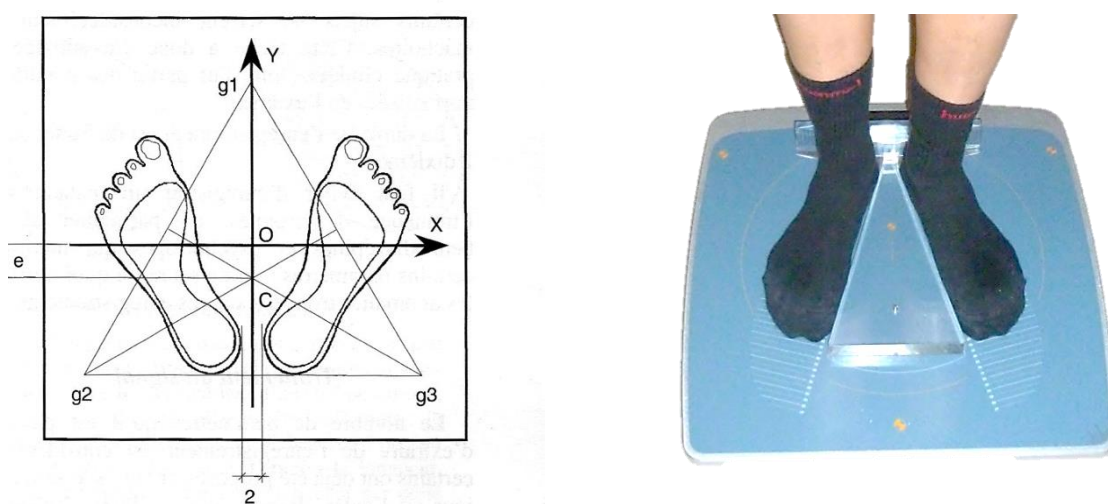


Figure 6 et 7: Position des pieds sur la plateforme selon un écartement standardisé(23).

Intérêt : La stabilométrie enregistre et évalue donc les variations des forces d'appui au sol selon 3 directions : verticale, horizontale (antéro-postérieure et latérale). Les enregistrements faits par le biais de cette plateforme reflètent le niveau d'énergie nécessaire à la station debout dans les conditions d'enregistrement, l'efficacité posturale, l'accélération sur l'axe antéro-postérieur (hyper ou hypo tonicité relative) et le décalage du centre de gravité par rapport à O. (8).

Tous ces mouvements enregistrés du corps permettent donc de caractériser l'efficacité des muscles responsables du tonus postural (viscéraux, ischio-jambiers, ...) et de voir si une **situation expérimentale** donnée équilibre ou **déséquilibre** la posture.

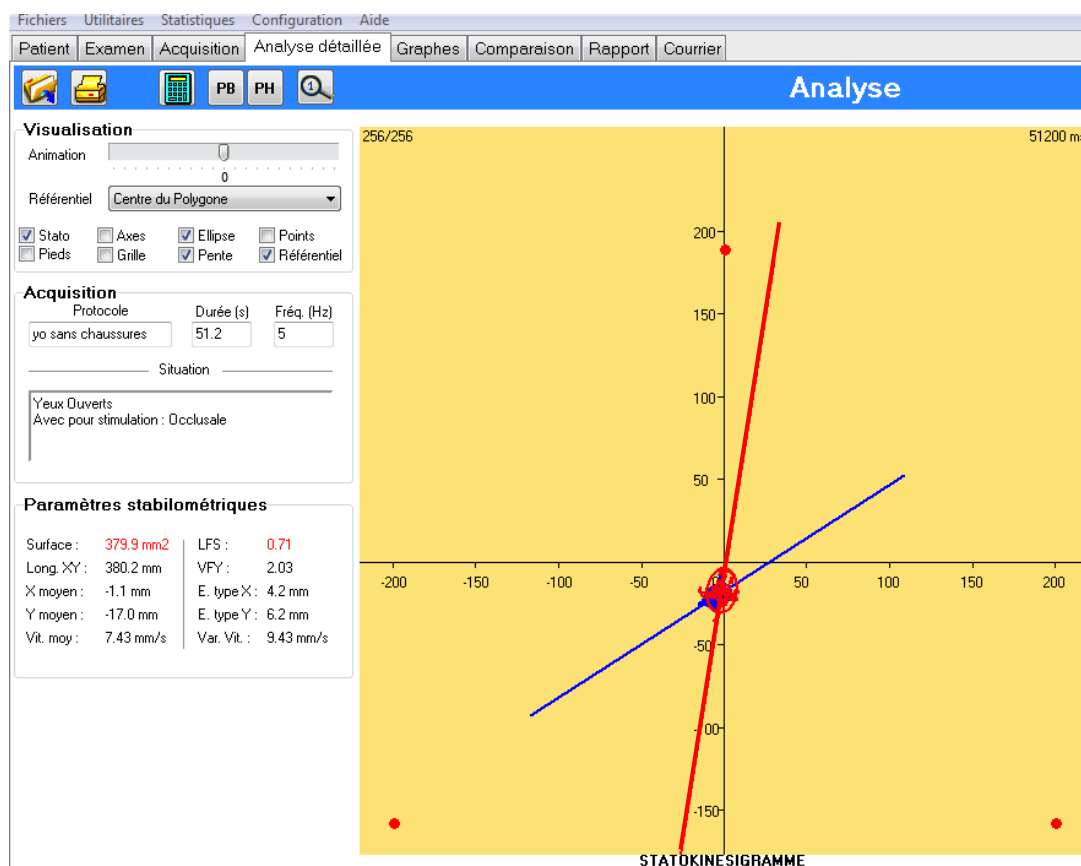


Figure 8 : affichage du logiciel Winposturo® suite à une acquisition sans cale occlusale (courbe bleue) puis une acquisition avec une cale occlusale (courbe rouge)

Deux études sont intéressantes pour illustrer l'**intérêt** mais aussi les limites de cette **plateforme** de force.

L'une, réalisée dans l'unité fonctionnelle d'occlusodontologie de l'université de Lyon en 1995, dans le cadre de la thèse de L. PACQUELET, dirigée par G. PERDRIX a démontré que l'appui **podal** pouvait être **modifié** par une variation de la position, grâce à podomètre électronique (24).

L'autre montrant la **capacité** de la **plateforme** de force à détecter des changements **posturaux** résultant de l'**occlusion dentaire** (18). La vision semble influencer la posture, et il y aurait une **faible** corrélation entre la position mandibulaire et la posture sur des sujets sains. La zone de balancement semble être le paramètre le plus sensible pour évaluer l'effet de l'occlusion sur la posture du corps. Toutefois, la plate-forme de force n'est très probablement pas en mesure de détecter finement cette relation d'après l'étude de BALDINI et al. (18).

Nous devons donc faire preuve de **prudence** lors de l'**utilisation** de l'analyse plateforme de force dans un but **thérapeutique**.

2.4 Quelle est la conséquence attendue d'un déséquilibre occlusal sur la puissance musculaire ?

2.4.1 Conséquences d'une perturbation occlusale

Lorsque l'**occlusion** devient **contraignante** pour le système manducateur, elle est dite dysfonctionnelle. Si le désordre occlusal est le trouble primaire, cela pourra aboutir secondairement à des **troubles** posturaux et à des appuis asymétriques. Le traitement consistera à retrouver des rapports occlusaux corrects et un plan d'occlusion horizontal. Les moyens utilisés peuvent être des gouttières de repositionnement mandibulaire ou de libération occlusale pour faire basculer la mandibule, corriger les interférences et supprimer les prématurités responsables de ce trouble.

En cas de **dysfonctions occlusales**, les chaînes musculaires tenteraient de diminuer le déséquilibre engendré. Ce système d'adaptation aurait pour conséquence une **perte d'efficacité** et d'endurance **musculaire**, ainsi qu'un risque de blessures augmenté (21).

On peut déduire un lien entre la position mandibulaire et la recherche de performances ou la perte de performances que l'on souhaite supprimer.

En effet, PERDRIX et al ont constaté qu'au moment de l'effort, les sportifs prenaient instinctivement une position mandibulaire et donc occlusale particulière. Celle-ci correspond à la position dans laquelle ils obtiendraient le meilleur influx musculaire. Les muscles masticateurs auraient alors une importance recherche d'une force musculaire importante (25).

Pour MEYER, les sportifs de haut niveau ont tendance à serrer les dents, soit pour réaliser leur performance sportive, soit à cause du stress provoqué par les enjeux (26). Et dans certains cas, si le système manducateur est déséquilibré (trouble occlusal, pathologie musculaire, pathologie de l'articulation temporo mandibulaire), cette hyperfonction peut entraîner une contre-performance.

D'autres études mettent en évidence un **couple fonctionnel** entre **occlusion** et **équilibre musculaire**. Ainsi une perte de puissance musculaire pourrait être la conséquence d'une dysfonction occlusale.

- La première montre une différence de contraction du SCM (équibration, adaptation) lors de la mise en place de cales occlusales asymétriques (27). Elle conclut que, lorsque des sujets jeunes en bonne santé avec une occlusion normale serrent sur une **interférence occlusale asymétrique**, ils ont un modèle **modifié** de gauche à droite de la **contraction** de leur SCM. Dans presque tous les cas, un motif précédemment symétrique est devenu asymétrique. Cela va donc dans le sens d'un couple fonctionnel entre muscles du cou et occlusion.

- La seconde montre que des contacts **postérieurs bilatéraux** donnent une **force** significativement **supérieure** à des contacts unilatéraux et antérieurs(28). En effet, elle conclut que les contacts postérieurs bilatéraux en position centrée stable donnent une activité musculaire masticatoire maximale. Lors de contacts antérieurs, à la fois l'activité musculaire et le degré de symétrie de l'activité musculaire sont considérablement réduits. L'occlusion aurait donc un impact sur la puissance musculaire

- Enfin, d'après PIREL, un « mauvais contact entre les dents peut déséquilibrer la posture physique » et provoquer des troubles apparemment très divers : maux de tête, migraine, acouphène, douleurs cervicales et lombaires, dépression (29)... Un petit trouble occlusal peut se répercuter sur toute la posture. Un grand nombre d'athlètes, notamment américains de haut niveau portent, pour cette raison, des appareils dentaires, qui optimisent leur équilibre postural mais aussi leurs performances sportives (tant en terme d'endurance que de puissance musculaire).

Toute modification de la DVO, (meulages intempestifs, reconstitutions occlusales inadéquates, bruxisme, ...) se traduit par un raccourcissement des muscles élévateurs de la mandibule ; leur hyper contraction, peut entraîner des spasmes, douleurs et dysfonctions crânio-mandibulaires. Les dents antagonistes finissent par être en contact, pratiquement en permanence (21). Apparaissent alors des crispations « dents serrées » et des contractures le plus souvent au niveau des muscles masséters et temporaux (moins souvent au niveau du ptérygoïdien médial). La modification de la position mandibulaire que cela entraîne perturbe la position cranio faciale. En dehors de tout traitement, les contractures peuvent se manifester à distance, au sein des

trapèzes, des muscles cervicaux postérieurs et sterno-cleïdo-occipito-mastoïdiens et peuvent être à l'origine de blessures musculaires(30).

Le handballeur va chercher inconsciemment à rehausser cette DV (interposition labiale, linguale..), afin d'étirer les muscles élévateurs raccourcis, spasmés. Il développerait ainsi une parafonction qui aiderait à soulager les muscles élévateurs de la mandibule, mais qui diminuerait la performance globale(21).

Cependant ce lien entre occlusion et équilibre musculaire a souvent été remis en question dans la littérature :

- En effet, selon l'étude, menée en 2006 à l'Université de Naples par PERINETTI, les traitements des malocclusions pour prévenir ou de traiter les troubles posturaux ne sont pas justifiés (31).

- Une autre étude menée sur des patients avec des désordres mandibulaires ne montre pas de différence significative entre le groupe avec de « bons » ajustements occlusaux supprimant les interférences, par rapport aux « mauvais » ajustements sur la force musculaire. Les tests kinésiographiques et électromyographiques n'ayant montré aucune différence significative entre les deux groupes (19).

- Enfin, une étude dont l'objectif était d'analyser la relation entre posture, occlusion, et performance sur des basketteurs professionnels avec un groupe avec cale occlusale et un groupe contrôle, ne montre pas de liens significatifs entre un sujet avec une cale de déséquilibre et sans cale sur l'explosivité (32).

Cette difficulté à prouver ce lien est peut être dû à une adaptation du système manducateur lors d'un déséquilibre occlusal, qui permettrait de conserver une certaine harmonie fonctionnelle entre les éléments du complexe stomatognathique et le reste du corps. Pour les sportifs de haut niveau, cette adaptation peut pourtant être synonyme d'une perte d'énergie potentielle et ainsi participer à une baisse de performance de l'athlète.

Face à ces éléments contradictoires, le **Colloque du 28 novembre 2008 à Milan** (33) a donné naissance à un **nouveau consensus** concernant « l'hypothèse de corrélation » entre occlusion et posture. Celui-ci avalise le fait que les données actuelles de la littérature sont insuffisantes tant en quantité qu'en qualité sur ce sujet. Le document de consensus mentionne le fait que **certains traitements occlusaux et posturaux pourraient avoir un effet bénéfique**. En raison de l'absence

de preuve en faveur d'un traitement définitif précis, ce dernier **ne doit pas être invasif** et doit se limiter à être à la fois **conservateur et réversible** après l'établissement d'un diagnostic précis et un plan de traitement clair(4).

Ces connaissances scientifiques commencent à avoir des répercussions dans certains sports(1) qui n'ont pas permis, en 2009, à Aly CISSOKHO, d'être transféré au Milan AC.

Il semblerait donc que ces éléments soient liés mais les données actuelles de la science ne permettent pas d'expliquer ces relations et encore moins de les prouver.

2.4.2 Relation entre puissance musculaire, force et vitesse de mouvement

Mathématiquement, il y a une relation entre la force et la vitesse de tir. En effet, on définit le vecteur quantité de mouvement p^r d'un point matériel de masse m (la masse de la balle), animé d'une vitesse v^r par le produit $m.v^r$ (figure ci-contre).

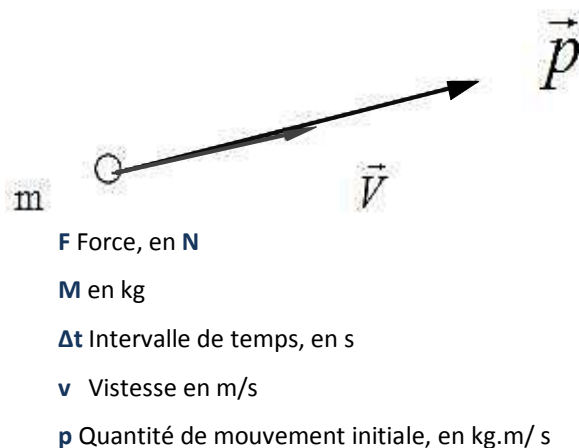


Figure 9: relation entre force et vitesse de tir grâce au vecteur P

La relation entre l'impulsion de force et la quantité de mouvement s'écrit :

$$F.\Delta t = m.\Delta v \text{ ou } F.\Delta t = m(v - v_0) = mv - mv_0 = p - p_0$$

L'impulsion de la force est égale à la variation du vecteur p (quantités de mouvement) du corps qui subit cette force.

Pour le handballeur, il suffirait donc d'enregistrer le temps que met le bras pour faire le mouvement d'armement du tir pour déduire la force qui permet à la balle d'acquérir sa quantité

de mouvement finale. La force d'impulsion est donc liée au temps durant lequel la balle est conservée par le joueur et la force à laquelle il la soumet avant de l'éjecter.

Mais quelle relation existe-t-il entre la force, la puissance musculaire et le tir ?

D'après YANG (34) et MARQUES et al. (35), cette relation est complexe et les secrets de la puissance de tir au handball ne sont pas encore connus. L'analyse comparative, chez 14 joueurs de haut niveau des résultats au développé couché, où la vitesse de la barre lors de l'extension complète des bras et la puissance externe produite ont été déterminées grâce à un encodeur rotatif, et les résultats au test de vitesse de tir, déterminés grâce à un radar placé dans les buts, ont été menés.

Les résultats de cette étude ont indiqué qu'il existait bien une **relation** entre la performance en **force** et en puissance lors de la phase concentrique d'un développé couché et la **vitesse du ballon** lors du tir en handball mais n'a pas pu conclure que le développé couché permettait d'améliorer la performance de tir. Pour ces auteurs, **le tir au hand est une activité motrice très complexe**.

La force et la puissance sont donc reliées à la vitesse de frappe mais pas seulement. Pour améliorer la puissance, plusieurs facteurs entrent en jeu, comme la puissance du poignet, et des épaules. Les jambes semblent très importantes également. En effet, des appuis dynamiques permettent d'augmenter la vitesse de la balle.

La **vitesse de balle**, élément facile à mesurer, est donc un élément **partiellement représentatif de la force musculaire** mais elle implique d'autres paramètres que nous ne pouvons appréhender dans notre étude comme la technicité donnant de la puissance au poignet lors du mouvement d'éjection, le temps de conservation du ballon, la force initiale développée par le bras ainsi que l'explosivité des jambes.

3 Interactions entre performance et occlusion au handball : évaluation expérimentale

3.1 La technique de tir au handball

Il existe de multiples formes de **tirs** au handball. Notre étude se concentrera sur 2 formes principales de tirs :

- en appui **sans élan**
- en appui **avec élan**.

Chacune met en jeu différentes stratégies au niveau des appuis pour être le plus efficace possible, comme le montrent les travaux de WAGNER et al :

La première étude, menée sur 14 joueurs d'une équipe de handball de haut niveau, montre que les **mouvements** du tronc et du bassin varient en **fonction** du contact avec le **sol** (36). Ce système d'adaptation a pour but d'utiliser de manière similaire le bras dans 4 techniques de tirs : en appui sans élan, en appui avec élan, en extension avec élan et suite à un pivot (rotation), afin d'augmenter la vitesse de la balle.

La plus grande vitesse de balle est retrouvée lors d'un tir en extension avec élan (100 % décomposition du tir sur l'image A), puis nous avons le tir en appui avec élan (93 %, décomposition du tir sur l'image B), puis le tir en appui sans élan (92 %, image C), et enfin le tir avec pivot (figures 10 à 12).

Une autre étude de cet auteur, sur des joueurs de moindre niveau montre que les joueurs plus **grands** et plus **lourds** semblent avoir une plus grande **vitesse** de libération de balle(37). Les éléments en jeu sont la rotation et la flexion du tronc, la rotation interne de l'épaule et la vitesse angulaire.

3.1.1 Tir en extension avec élan

Le tir en extension avec élan permet le développement de la plus grande force de frappe.

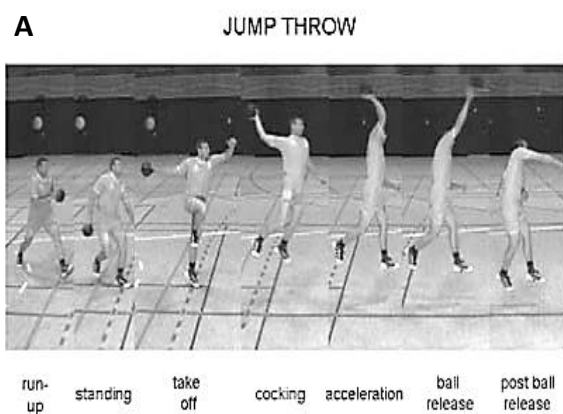
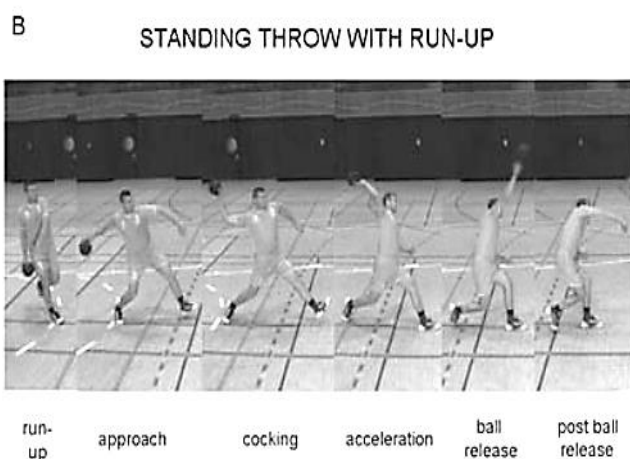


Figure 10: séquençage d'un tir en extension avec élan d'après Wagner et al (36).

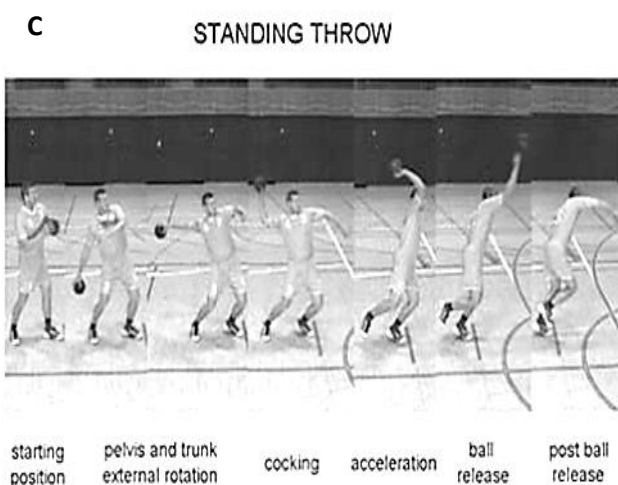
3.1.2 Tir en appui avec élan



Grâce à la réorganisation du poids du corps et des appuis au sol, le tir en appui avec élan donne une vitesse de balle presque égale au tir extension avec élan.

Figure 11: séquençage d'un tir en appui avec élan d'après Wagner et al. (36)

3.1.3 Tir en appui sans élan



Un tir Le tir en appui sans élan à 92% de la vitesse du tir en extension avec élan, il demande une grande maîtrise et beaucoup d'entraînement. Ces résultats sont seulement applicables aux sportifs de haut niveau.

Figure 12: séquençage d'un tir en appui sans élan d'après Wagner et al.(36)

3.2 Application expérimentale

3.2.1 Objectifs

Notre étude porte sur des joueurs de handball amateurs de niveau excellence à national 3. Elle vise à voir si la vitesse de tir peut-être affectée par une perturbation occlusale importante connue et reproductible. En d'autres termes, si, comme dans d'autres sports, tel l'athlétisme, les traitements dentaires (occlusaux, orthodontiques, ...) peuvent contribuer à optimiser les performances des sportifs de haut niveau.

3.2.1.1 *Tester l'impact d'un déséquilibre occlusal sur la vitesse de tir au handball*

Hypothèse de travail : L'occlusion aurait un impact sur les performances sportives. C'est-à-dire qu'une perturbation de l'occlusion aurait un impact sur la posture et donc induirait une baisse de la performance des joueurs.

La cale qui déstabilise l'occlusion se traduira-t-elle par une modification de la vitesse de balle et donc sur la puissance de tir et sur la posture ?

Le **but** de cette étude est de mesurer :

- l'impact que peut avoir sur la posture un **déséquilibre** provoqué de l'**occlusion**
- l'impact que peut avoir ce **déséquilibre** postural sur les **performances** sportives chez le handballeur.

3.2.1.2 *Influence de la fatigue sur la performance*

La fatigue est un paramètre essentiel à prendre en compte dans la performance sportive. En effet, elle diminue la capacité de performance.

Ici, l'expérience sera renouvelée 3 fois dans 4 situations de tirs différentes, soit 12 tirs au total par joueur. Pour tenter de garder une puissance maximale tout au long de l'étude, nous ménagerons des temps de **repos entre** chaque **tir**. Ainsi, nous minimiserons au maximum le biais de la fatigue sur l'interprétation des résultats.

3.2.2 Matériel et méthode

3.2.2.1 Populations testées

Nous prendrons trois groupes d'une dizaine de joueurs de handball. Les **collectifs** sont ceux de **Vizille** (excellence séniors masculins), de **Meylan** (Nationale 3 séniors masculins), et de **St Genis Laval** (pré-nationale sénior féminin).

Chaque joueur devra dans un premier temps monter sur la plateforme de force sans perturbation puis remonter sur cette balance avec une cale occlusale placée de manière unilatérale (donc déséquilibrante) pour évaluer l'incidence de cette cale sur la posture. Il devra ensuite alternativement tirer sans sa cale, puis avec sa cale dans différentes conditions de tir.

3.2.2.2 Protocole expérimental

3.2.2.2.1 Réalisation d'une cale occlusale

Elle sera pour tous les joueurs identique donc **normalisée** et composée de :

- o Une allumette en bois de 2mm d'épaisseur, qui servira de butée d'épaisseur. Elle est placée entre les dents, au niveau des 5-6, uniquement du côté droit et sera revêtue de silicone de haute viscosité.
- o Le sujet maintient une occlusion non forcée sur l'allumette durant la prise du silicone
- o Le silicone recouvre environ la moitié des faces vestibulaires, ce qui permet une bonne tenue de la cale en bouche.



Figure 13 : cale occlusale normalisée grâce à l'allumette.

3.2.2.2.2 Mesures sur la Plateforme de force WIN-POSTURO®

o Chaque joueur monte sur la plateforme, en chaussettes, et en tenue d'entraînement, pour avoir les conditions les plus proches possibles des conditions réelles de tir.

o Les enregistrements normalisés durent 51.2s, avec une fréquence d'enregistrement de 5 Hz. La position podale du joueur est guidée sur la plateforme grâce à des cales de positionnement qui sont enlevées durant la mesure.

Ils sont décomposés en 3 mesures :

- ① Une mesure initiale en occlusion sans cale, yeux ouverts, (puis le sujet descend de la plateforme). Cette mesure ne sera par la suite pas prise en compte dans nos études statistiques, mais sert à diminuer les biais. En effet, lors de la première mesure, le patient a tendance à surcorriger sa posture.
- ② Une mesure sans cale, yeux ouverts, pour conserver le facteur occlusal d'origine sans cale
- ③ Une seconde mesure avec la cale occlusale calibrée déséquilibrante placée uniquement à droite

Nous ferons donc une première analyse des résultats, en comparant les deuxième et troisième enregistrements (avec et sans cale entre eux pour observer si il y a une différence significative de la posture avec et sans cale). Autrement dit nous observerons dans quelle mesure chaque sportif s'adapte à la même contrainte.



Figures 14 et 15 :
Positionnement guidé grâce à des cales en plexiglas (sur la droite de l'image) sans contrainte occlusale puis avec contrainte sur la plateforme de stabilométrie.

3.2.2.2.3 Utilisation du radar pour mesurer la vitesse de tir

Il sert à mesurer la vitesse de la balle, en relation avec les conditions de tirs. La mesure se fait pour le même sujet sous différentes conditions de tirs et avec et sans la cale occlusale déséquilibrante :

- Chaque joueur devra tirer dans les cages le plus fort possible,
 - dans deux situations de tir différentes
 - alternativement avec et sans cale occlusale.
- Le radar donne la vitesse en km/h
- Il est placé sur un support fixe (chaise, table) tout au long des enregistrements, à une distance d'environ 1m des buts pour le protéger. (Sa distance exacte entre les différents groupes est peu importante puisque les comparaisons se font à l'intérieur des groupes, entre les joueurs eux-mêmes et non entre les groupes)



Figures 16 et 17 : installation du radar à 1 m de la cage avec un affichage de la vitesse en km/h.

Nous observerons grâce à ce dispositif si la vitesse de la balle est la même (ou pas) dans chaque situation de tir et au cours des répétitions de tirs.

3.2.2.3 Corpus

Les **groupes sont** appariés puisque les joueurs tirent successivement avec (groupe B) et **sans** cale occlusale (groupe A)

- Chaque joueur monte sur la plateforme de stabilométrie afin d'évaluer sa posture avec et sans cale (cf. 3.2.2.2.2)
- Puis, nous procédons à des séries de mesures de vitesse grâce au radar pour chaque type de tir. Chaque joueur enchaîne 3 fois un même type de tir pour s'assurer de la reproductibilité des résultats. Le joueur aura un repos de deux minutes entre chaque série de tir.
 - série 1 : Tir à 7m en appui **sans élan**, sans cale (groupe A) (2min de repos)
 - Série 2 : Tir à 7m en appui sans élan, avec cale (groupe B) (2min de repos) (figure 18)
 - Série 3 : tir en appui **avec élan** de 3 appuis à 7 m sans cale (groupe A) (2 mn de repos) (figures 19, 20, 21)
 - Série 4 : tir en appuis avec élan de 3 appuis à 7 m avec cale (groupe B) (2 mn de repos)



Figure 18 : situation de tir d'un joueur de Vizille en appui sans élan



Figure 19, 20, et 21 : situation de tir d'un joueur de Vizille avec élan en appui

3.2.2.4 Données observées

- **la longueur XY** du statokinésiogramme renseigne sur le chemin parcouru par le centre de pression du corps. Plus la longueur est importante, plus les oscillations sont importantes, donc le niveau d'effort et donc d'énergie est important. Elle reflète le **niveau d'énergie développé** dans les contions d'enregistrement.

- **LFS**: Longueur en fonction de la Surface (L/S), qui correspond à l'efficacité posturale. On fixe la moyenne arbitrairement à 1(valeur de centrage).

o Si $LFS < 1$ on a développé moins de longueur donc on a économisé de l'énergie par rapport à la plupart des gens. Cela arrive souvent chez les sportifs, car leur gainage leur permet d'être économe en énergie. Sur nos tableaux, on observe d'ailleurs que la plupart des joueurs sont dans le « vert » c'est-à-dire en dessous des valeurs moyennes. Ils économisent donc plus d'énergie.

o Si $LFS > 1$, cela signe un développement d'énergie plus important pour la station debout.

- **X moyen**: Position moyenne latéro-latérale par rapport au centre. Si on se tient à gauche la valeur est négative. Si on se tient à droite la valeur est positive. En général, à l'occlusion des yeux, les gens ont tendance à se recentrer.

Cette valeur paraît très intéressante dans notre étude car on peut penser qu'avec une cale à droite, le joueur va devoir se rééquilibrer pour compenser le déséquilibre engendré par la cale. C'est pour ces raisons que nous avons choisi le x moyen dans nos études statistiques.

- **Variance de vitesse**: paramètre normalisé mais qui est en fait un écart-type et non une variance de vitesse. C'est une accélération moyenne calculée sur le plan (XY). Cette valeur **augmente** lorsque la **tâche se complique**. Cette valeur peut donc être intéressante car elle peut augmenter si la cale complique la position statique debout.

- **Surface en mm²**. Paramètre stabilométrique qui reflète l'efficacité posturale. Elle se présente sous forme d'**ellipse de confiance à 90%**.

- **L'Inclinaison moyenne (°)** : C'est la **pente** qui affiche le Grand Axe (axe des oscillations préférentielles). Elle correspond à l'orientation des pôles en direction moyenne. Elle

caractérise l'orientation majeure des oscillations. C'est une valeur non normalisée. Mais il existe un cône d'adaptation de 15° (donc fourchette entre 75° et 110°).

3.2.2.5 Traitements des données

Nous réaliserons une comparaison des données observées, sont-elles différentes ou pas, si oui, existe-t-il une corrélation entre ces différences ?

Nous partirons de l'hypothèse nulle (H_0) suivante : Il n'y a pas de différence entre le groupe B et le groupe A, donc pas de différence entre le port ou non de la cale déséquilibrante.

Le protocole pour démontrer cela sera le suivant :

1- Vérifier que les deux groupes obéissent à la loi normale grâce à un test de normalité de Student car $n < 30$ (population inférieure à 30 individus). Avec ce test, si $p < 0.05$, les échantillons suivent la loi normale.

2- Grâce à ces tests nous pourrions calculer la p value, avec un risque $\alpha = 0,05$

Si $p \leq 0.05$ on pourra conclure que le groupe A est différent du groupe B et rejeter l'hypothèse H_0

3.2.3 Résultats

3.2.3.1 Collectif Meylan :

1 - Tableau de résultats des tirs avec et sans cale (données dans l'annexe 1)

On utilisera le **test de Student pour des échantillons appariés** pour ces tirs en appui sans élan. Ce test permet de comparer deux mesures d'une variable quantitative effectuées sur les mêmes sujets (mesures définies par les modalités de la variable qualitative). En fait, ce test traite les deux échantillons appariés comme un seul sur lequel on aurait mesuré la différence d entre les deux mesures.

Les tirs	En appuis sans élan
Statistique observée	1.32
P-value	0.22
Moyenne des différences	1.73
Intervalle de confiance à 95%	[-1.24 ; 4.71]
Degré de liberté	9

Conclusion : Il n'y a donc **pas de différence significative** de vitesse entre les tirs avec et sans cale.

2- tableau de résultats de la plateforme de force (cf. annexe 2)

A. Résultats statistiques : test de Pearson (test de corrélation)

Plateforme de force	X moyen
Statistique observée	1.21
P-value	0.26
P	0.39
Intervalle de confiance à 95%	[-0.31 ; 0.82]
Degré de liberté	8

Conclusion : $p > 0.05$ donc on ne rejette pas H_0 . Les résultats ne sont donc **pas corrélés**.

B. Résultats statistiques de tous les paramètres : test de Student pour des échantillons appariés

Plateforme de force	X moyen	Surface (mm ²)	Longueur XY(mm)	LFS	Incl moy (°)	Variance vitesse (mm/s)
Statistique observée	-0.28	-0.05	1.75	1.54	-1.67	-0.22
P-value	0.79	0.96	0.11	0.16	0.13	0.83
Moyenne des différences	-0.36	-1.94	17.60	0.04	-0.24	0.22
Intervalle de confiance à 95%	[-3.26 ; 2.54]	[-93.66 ; 89.78]	[-5.20 ; 40.40]	[-0.02 ; 0.10]	[-0.56 ; 0.08]	[-2.03 ; 2.46]
Degré de liberté	9	9	9	9	9	9

Conclusion : Pour toutes ces valeurs on a $p > 0.05$, donc on ne rejette pas H_0 . Il n'y a donc **pas de différence significative** entre les valeurs posturale avec et sans cale.

3.2.3.2 Collectif Vizille

1- Tableau de résultats des tirs avec et sans cale (cf. annexe 3 et 4)

Résultats du test de Student pour échantillons appariés pour les moyennes de tirs **avec et sans élan**.

Les tirs	En appui avec élan (mai 2015)	En appui avec élan (septembre 2015)	En appui sans élan (septembre 2015),
Statistique observée	4.55	2.43	1.96
P-value	0.0019	0.046	0.091
Moyenne des différences	9.71	8.04	3.38
Intervalle de confiance à 95%	[4.79 ; 14.63]	[0.21 ; 15.88]	[-0.70 ; 7.45]
Degré de liberté	8	7	7

Conclusion :

- Pour les tirs en appuis **avec élan** on a $p < 0.05$. On rejette donc H_0 . Il y a donc une **différence significative** entre les vitesses de tirs avec et sans cale.
- Pour les tirs en appuis **sans élan**, on a $p > 0.05$. On ne rejette donc pas H_0 . Il n'y a donc **pas de différence significative** entre les vitesses de tirs avec et sans cale.

Nous allons donc explorer davantage ces différences, par l'analyse du X moyen

2- Tableau de résultats de la plateforme de force (cf. annexe 5)

A. Résultats du test de Spearman pour la comparaison du X moyen (test de corrélation)

Plateforme de force	X moyen
Statistique observée (Qobs)	8
P-value	0.0046
r_s	0.90

Conclusion : Il y a donc une **corrélation** entre les valeurs de X moyen avec et sans cale. La cale influence donc le X moyen.

B. Résultats statistiques des différents paramètres : Test de Student pour les échantillons appariés

Plateforme de force	X moyen (mm)	Surface (mm ²)	Longueur XY (mm)	LFS	INCL MOY (°)	Variance vitesse (mm/s)
Statistique observée	0.31	1.37	1.04	-0.34	-0.28	0.61
P-value	0.76	0.21	0.33	0.74	0.04	0.56
Moyenne des différences	-0.74	77.41	17.34	0.02	-0.23	1.02
Intervalle de confiance à 95%	[-4.91 ; 6.40]	[-56.30 ; 211.12]	[-21.99 ; 56.66]	[-0.12 ; 0.09]	[-0.44 ; -0.02]	[-2.93 ; 4.97]
Degré de liberté	7	7	7	7	7	7

Conclusion : Seul l'**inclinaison moyenne** présente une p-value < 0.05. L'oscillation moyenne représentée par cette pente est donc un paramètre qui est significativement différent avec et sans cale.

3.2.3.3 Collectif Saint Genis Laval

1- Tableau de résultats des tirs avec et sans cale (cf. annexe 6)

Résultats du test de Student échantillons appariés pour les moyennes des tirs avec et sans élan réalisés en septembre 2015

Les tirs	En appui avec élan	En appui sans élan
Statistique observée (Qobs)	-1.20	0.84
P-value	0.28	0.44
Moyenne des différences	-1.06	1.22
Intervalle de confiance à 95%	[-3.31 ; 1.20]	[-2.54 ; 4.98]
Degré de liberté	5	5

Conclusion : Il n'y a donc **pas de différence significative** que ce soit avec ou sans élan concernant les vitesses de tirs avec et sans cale.

2- tableau de résultats de la plateforme de force (cf. annexe 7)

A. Résultats du test de Spearman (test de corrélation)

Plateforme de force	X moyen
Statistique observée (Qobs)	12
P-value	0.18
r_s	0.66

Conclusion : $p > 0.05$ donc on ne rejette pas H_0 . Il n'y a **pas de corrélation** entre les valeurs avec et sans cale. Donc celle-ci n'a pas d'influence significative sur X moyen.

B. Résultats du test de Student pour 2 échantillons appariés de tous les paramètres

Plateforme de force	X moyen,	Suface en mm^2	Longueur XY	LFS	Incl moy ($^\circ$)	Variance de la vitesse (mm/s)
Statistique observée	-0.54	0.44	2.54	2.24	-0.82	2.37
P-value	0.61	0.68	0.05	0.07	0.45	0.064
Moyenne des différences	-1.05	15.65	57.93	0.12	-0.14	1.86
Intervalle de confiance à 95%	[-6.03 ; 3.93]	[-74.94 ; 106.24]	[-0.79 ; 116.65]	[-0.02 ; 0.25]	[-0.56 ; 0.29]	[-0.16 ; 3.87]
Degré de liberté	5	5	5	5	5	5

Conclusion :

- Pour la longueur XY, il y a donc une **différence significative** entre les longueurs XY, et donc de l'énergie développée avec et sans cale.
- Pour le reste des valeurs, il n'y a donc **pas de différence significative** entre ces valeurs avec et sans cale.

3.2.3.4 Tableaux de synthèse

Les données de la plateforme de force peuvent être synthétisées sous la forme du tableau suivant :

Tableau de synthèse des p-value	LES TIRS (test de Student)		LA PLATEFORME DE FORCE (X moyen)	
	AVEC ELAN	SANS ELAN	Test de SPERMAN'S	Test de STUDENT
Collectif Meylan		P=0.26 non significatifs	P=0.26 non corrélés	P=0.79 non significatifs
Collectif Vizille	P=0.0019 Significatif	P=0.091 non significatifs	P=0.0046 significatif	P=0.76 non significatifs
Collectif St Genis Laval	P=0.28 non significatifs	P=0.44 non significatifs	P=0.18 non significatifs	P=0.61 non significatifs

Résultats de la p value des test de student plateforme de force	X moyen	Surface	Longueur xy	Lfs	Inclinaison moyenne	Variance de la vitesse
Meylan	0.79	0.96	0.11	0.16	0.13	0.83
Vizille	0.76	0.21	0.33	0.74	0.04	0.56
Saint genis laval	0.61	0.68	0.05	0.07	0.45	0.064

3.2.4 Analyse

On remarque que les résultats sont différents suivant les collectifs.

- Pour **la plateforme de force** : Lorsque les résultats sont non significatifs, cela signifie que la position du joueur est sensiblement la même avec cale et sans cale, ce qui veut dire que la cale ne perturbe pas (ou peu) la posture. C'est le cas pour le collectif de Meylan, où la cale ne semble pas perturber la posture des joueurs.

Lorsque les résultats sont significatifs, la position du joueur est significativement différente avec et sans cale. La cale influence donc certaines valeurs stabilométriques. En effet, nous avons trouvé qu'il y avait une corrélation entre la variation du X moyen et la présence ou pas de cale dans le collectif de Vizille. Dans ce même collectif, l'orientation des oscillations (inclinaison moyenne) est également significativement différente avec et sans cale. Dans le collectif de saint Genis Laval, peu de paramètres sont perturbés. Seule la longueur XY est significativement différente avec et sans cale, allant dans le sens d'une augmentation de l'énergie déployée et d'une complication de la tâche.

- Pour les **tirs** :

Lorsque le joueur ne prend **pas d'élan**, il n'y a **pas** de différence **significative** de vitesse de balle lorsque le joueur tir avec ou sans cale occlusale. Le joueur ne semble donc pas gêné par la cale occlusale unilatérale.

En revanche, lorsque le joueur **prend de l'élan**, il y a une **différence significative** de vitesse de balle. Le joueur semble donc gêné par la cale occlusale et perd en efficacité musculaire. Ceci se vérifie dans le collectif de Vizille à deux reprises. En revanche, dans le collectif de St Genis Laval, il ne semble pas y avoir de différence significative avec et sans cale.

3.2.5 Discussion

Plusieurs éléments ressortent de ces résultats.

3.2.5.1 *La plateforme de force*

Malgré le décalage latéral du centre de gravité, il n'y a pas de différence significative avec et sans cale. Cependant, on remarque que la moyenne des différences de l'orientation des oscillations dans les résultats statistiques, est systématiquement négative. Cela veut dire que le joueur a plutôt tendance à être orienté vers la gauche (valeur négative du déplacement) lorsqu'on lui implique une contrainte occlusale à droite.

De plus, l'inclinaison moyenne est significative pour les joueurs de Vizille qui sont également l'équipe de plus faible niveau, donc les moins entraînés physiquement car disposant de moins d'heures d'entraînement et d'un programme de musculation moindre.

On peut donc déduire une absorption de la contrainte occlusale par le gainage dans les collectifs de saint Genis Laval et de Meylan. Cette atténuation de la contrainte dans le collectif de saint Genis Laval par le gainage se reflète tout de même par une augmentation de l'énergie déployée (longueur XY) pour compenser cette contrainte.

Dans le collectif de Meylan, qui est par ailleurs le collectif qui évolue au meilleur niveau, le changement entraîné par la cale semble complètement lissé par le gainage. On remarque d'ailleurs dans cette équipe un gainage largement supérieur aux deux autres équipes. Ceci est visible grâce à des valeurs très basses de la LFS et de la longueur XY (cf. annexe 2). En effet, les valeurs faibles de XY représentent une économie maximale d'énergie de la station debout, la

valeur faible de LFS témoigne de l'efficacité posturale donc du gainage. Ces valeurs sont le signe d'un entraînement important. Cela se retrouve très fréquemment chez les sportifs car leur gainage leur permet d'être économes en énergie. L'augmentation de l'énergie déployée par les joueuses de saint Genis Laval n'est donc pas complètement anodine.

On a globalement une légère augmentation de la longueur XY, de la variance et de la surface en mm². Cette différence de résultat met en évidence des tactiques de rééquilibrage induisant des modifications posturales, en augmentant l'énergie déployée (longueur XY et la surface en mm²). L'augmentation de la variance confirme une complication de la tâche.

D'autre part, dans le collectif de Vizille une différence de la position du X moyen serait en corrélation avec la présence ou non de la cale. Ce qui veut dire qu'il y a un impact de la présence de la cale sur la position de gauche à droite du joueur. De plus l'oscillation des joueurs change avec et sans cale. La cale perturbe donc leur station debout peut-être à cause d'un gainage moindre qui ne permet pas la compensation de cette perturbation.

Les résultats des différents paramètres stabilométriques ne sont pas tous significatifs. On observe même que plus le joueur est entraîné, moins les résultats sont significatifs. Une personne entraînée aurait donc une meilleure capacité d'adaptation à une perturbation de l'occlusion et la plateforme semble adaptée aux sportifs. On retrouve alors les différences liées aux variations interindividuelles surajoutées dans le cas de cette étude par des valeurs recueillies sur des collectifs masculins et féminin, dont rien n'indique, dans le cadre du handball, que les stratégies d'optimisation de la performance sont strictement identiques.

Les biais de cette étude peuvent être dus à une concentration insuffisante lors des enregistrements, à la fatigue car les séances se sont déroulées en soirée, aux conditions d'enregistrement (salles différentes pour les différents collectifs, environnement sonore, lumineux, ...) car les études se sont déroulées dans des gymnases.

Le faible nombre de joueur est également une limite à prendre en considération. En revanche, il est très intéressant de comparer plusieurs collectifs, de plusieurs villes différentes, qui évoluent à des niveaux différents, hommes et femmes.

Pour améliorer ce type d'exploration, nous pourrions choisir des heures moins tardives, isoler les joueurs lors des enregistrements pour que la concentration soit optimale, choisir une salle

d'enregistrement unique pour avoir un fond neutre et un point de fixation en face de la ligne bi pupillaire. Nous pourrions également introduire un protocole normalisé comme celui yeux ouvert/ yeux fermés et prendre un nombre de sujets plus important.

3.2.5.2 *Les tirs*

Ensuite concernant les mesures grâce au **radar**.

Deux grands axes ressortent.

En effet, on remarque que lors des tirs **sans élan**, le déséquilibre induit par la cale occlusale unilatérale est bien compensé par les joueurs et que la **différence de vitesse de tir n'est pas significative**. Le joueur ne semble alors pas gêné par le dispositif en bouche et ses performances ne sont pas impactées. Il garde donc une puissance musculaire similaire. Le gainage, quel que soit les collectifs, augmente les capacités d'adaptation et semble compenser le déséquilibre induit par la cale occlusale lorsque le joueur tir sans élan. D'autre part, ce tir sans élan mobilise « moins de muscles » puisque quasiment uniquement dépendant du bras du joueur. L'examen est peut-être trop partiel et les joueurs ne semblent pas perturbés par la cale en bouche.

Il existe cependant une autre hypothèse qui serait à explorer face à ce résultat qui est que peut-être le joueur ne recrute-il pas beaucoup de muscles, en tout cas, pas jusqu'à la sphère orofaciale, et n'a-t-il pas besoin de serrer les dents pour réaliser avec efficacité ce type de tir.

En revanche dès que le joueur **prend de l'élan** (contrainte dynamique), le système de compensation musculaire semble dépassé et on obtient une vitesse de balle significativement différente lorsque le joueur tir avec la cale par rapport à un tir sans la cale pour le collectif de Vizille, le moins préparé physiquement. **La puissance musculaire est donc tout de suite impactée**. Le mouvement dynamique qu'implique la prise d'élan, entraîne en effet une plus grande mobilisation musculaire et probablement un recrutement musculaire plus important. Or Struyf-Denys (14) a établi un lien de tous les muscles entre eux par le biais de chaînes musculaires. Selon cet auteur, la perte d'efficacité d'un muscle peut alors se répercuter sur d'autres muscles à distance. Ici, l'hypothèse que les muscles seraient reliés entre eux semble alors se vérifier étant

donné l'impact d'une perturbation occlusale sur la vitesse de balle et donc la force déployée. Les muscles du bras et de l'épaule semblent perturbés par le déséquilibre des muscles manducateurs.

Dans le collectif de St Genis Laval, la cale ne semble pas avoir déséquilibré les joueuses. Bien que les joueuses viennent de reprendre les entraînements, et que la préparation physique de cette année n'ait pas été intensive, l'échantillon ayant participé à l'étude est globalement moins jeune, plus expérimenté et leur efficacité de tir réside essentiellement dans la technique et dans l'expérience plutôt que dans la puissance pure. On peut aussi dire que cela est en accord avec les résultats de la plateforme de force. Sur 6 joueuses nous avons une gauchère sur laquelle la cale côté droit peut avoir eu un faible impact. Il faut cependant admettre que la faible taille de l'échantillon peut limiter l'interprétation des résultats. Cependant, c'est la technique qui semble ici compenser le déséquilibre induit par la cale.

Il est dommage de ne pas avoir pu mesurer la vitesse de tir avec élan dans le collectif de Meylan, qui aurait pu confirmer cette hypothèse.

D'autre part nous avons ménagé des temps de repos entre les tirs qui ont été suffisants pour la récupération des joueurs mais il serait intéressant de voir si des temps de récupération plus longs ou moins longs ont des répercussions sur les mesures enregistrées. La fatigue peut également (et surtout) jouer car nous avons à chaque fois réalisé les études après l'entraînement, à des heures tardives.

Il faut également penser que si les répercussions de cette cale occlusale sont plus importantes pour certains joueurs que pour d'autres, il pourrait s'agir de la compensation d'un déséquilibre occlusal initial et que leur mécanisme de compensation était déjà à l'œuvre. Dans cet esprit, la dysfonction liée à la cale aurait pu être minorée. En effet, nous avons choisi arbitrairement de prendre comme référence la position initiale d'occlusion des joueurs et non pas une mesure bouche ouverte, pour comparer la situation réelle de pratique du handball avec celle artificiellement perturbée.

De la même, comme la littérature l'indique, même si elle était asymétrique, cette cale de 2mm a pu servir de mécanisme d'élévation de la DVO abordé plus haut qui pourrait augmenter les performances. Toutes ces nuances peuvent expliquer les disparités entre les joueurs.

3.2.6 Perspectives

3.2.6.1 Amélioration de cette étude

Nous pourrions également analyser d'autres paramètres que la vitesse de la balle et mesurer l'activité musculaire en cours de tir. Par exemple à l'aide d'un électromyogramme (EMG de type Biopak®), figure 22, qui pourrait être plus représentatif de la puissance développée par les muscles. En effet, comme nous l'avons abordé plus haut, le mécanisme de tir au handball est très complexe et n'est pas uniquement dépendant de la puissance. On comprend alors bien que quelqu'un qui se sert essentiellement de la précision de son poignet verra très certainement peu modifier la vitesse de son tir, même si il perd en puissance musculaire du muscle brachial par exemple. En plus de l'entraînement et des répercussions sur le gainage et la puissance musculaire, les répercussions de la technique peuvent également être non négligeables. Cependant l'athlète le plus performant reste celui qui possède outre une technique parfaite et une musculature optimisée, celui qui est le plus efficace au niveau de la dépense de l'énergie musculaire.

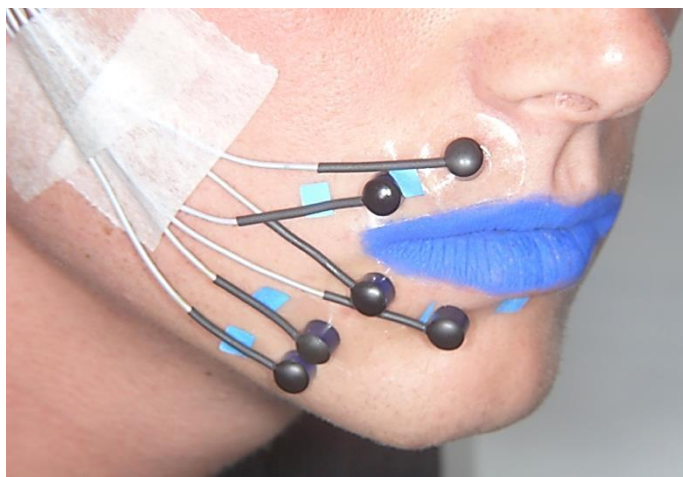


Figure 22 : Exemples d'enregistrements EMG multiples (dans le cadre d'enregistrements multiparamétriques de production de parole au laboratoire Gipsa-Lab)

Refaire une étude comme celle-ci en minimisant les biais et en explorant plus finement ces paramètres, signifie aussi de mettre en œuvre beaucoup plus de moyens humains et financiers.

Les perspectives sont importantes car le fait que l'occlusion puisse avoir un impact sur la puissance, surtout lors d'une prise d'élan est quelque chose d'essentiel dans ce sport. En effet les joueurs sont majoritairement en mouvement lors d'un tir dans le handball.

3.2.6.2 *Systèmes existants*

Des dispositifs spécifiques ont été mis en place par les chercheurs pour respecter l'intégrité des tissus dentaires et ne pas procéder à des meulages intempestifs (comme le recommande le colloque de MILAN) qui risqueraient de faire plus de mal que de bien. Ce dispositif s'appelle le **MORA** (mandibular orthopedic repositioning appliance).

M. TIJARDOVIC a étudié dans sa thèse l'impact d'un tel dispositif sur les joueurs de haut niveau. Celle-ci montre « L'intérêt d'une occlusion dentaire équilibrée chez le handballeur de haut niveau ». Des tests sportifs ont été réalisés avec et sans gouttière occlusale de rééquilibration (21). Mais, comme pour notre étude, le protocole doit toujours être remis en cause, pour ne pas risquer de conclure à tort. Cependant, la conclusion de cette étude était que 5 joueurs sur 9 connaissaient une amélioration de leur performance sportive grâce à une équilibration de leur système manducateur. Pour certains joueurs, le déséquilibre volontaire de leur occlusion entraînait une baisse de la performance sportive.

D. FILHOL a mené une étude sur les **haltérophiles** (38). Les tests ont été menés sur le mouvement du développé-couché à partir d'un pourcentage du maximum individuel, avec et sans gouttière de repositionnement mandibulaire. Les résultats les plus probants ont été obtenus chez les athlètes présentant les occlusions les plus perturbées. La gouttière occlusale permettait pour 6 cas sur 8 une **amélioration** des performances statistiquement significative en force **explosive** et/ou **en endurance**.

Une autre étude tant à prouver un lien entre un appareil de repositionnement mandibulaire et une plus grande puissance musculaire au niveau de l'épaule (39). Les données normalisées pour quatre situations différentes (position de repos, MVC (contraction maximale volontaire) dans une position d'intercuspidation, MVC avec placebo et MVC avec MORA en position de repos) ont été analysées sur 7 sujets. L'analyse statistique a démontré que le MVC avec MORA était significativement plus forte que la position de repos sur la force du membre supérieur. Les résultats suggèrent que les **activités musculaires** ont augmenté **avec le MORA** par rapport à la position de repos l'abduction d'épaule.

En revanche, une autre étude ne trouve pas de différence significative avec et sans MORA dans la stabilité du modèle cinématique du swing au golf. Six MORA ont été faites et ajustées à chaque joueur(40). Chaque golfeur a effectué cinq lancers sans dispositif et cinq avec le MORA. Cette étude montre qu'il n'y a aucune différence liée au port du MORA sur modèle cinématique du

swing de golf. Cependant, il y avait des différences significatives concernant la vitesse de la balle à l'impact, entre les deux conditions d'essai, avec ou sans l'appareil. Le pourcentage de variabilité indique que la vitesse avec MORA était plus régulière que la vitesse sans l'appareil. Cet appareil pourrait donc avoir un impact sur la régularité des performances. On retrouve dans cette étude une certaine adaptation du golfeur, très certainement car il n'y a pas de prise d'élan.

Ce dispositif semble donc avoir un impact tant au niveau de la performance en elle-même, que dans la régularité et la résistance aux blessures. Il serait donc intéressant de poursuivre l'étude sur une durée plus longue. Cette voie est d'autant plus prometteuse que l'usage des protège-dents peut permettre de façon non invasive et sans perturber les habitudes des joueurs de haut niveau de rééquilibrer facilement l'occlusion de ces athlètes.

D'autre part, le tir d'un joueur de handball étant lié à de nombreux facteurs dont la puissance musculaire, la technique du poignet, et l'accélération du bras, il serait intéressant de pouvoir mesurer ces paramètres, en notant par exemples les poids maximum au développé couché, et en mettant des capteurs afin de connaître le temps pour armer le bras. La technique du poignet est plus difficile à évaluer.

Enfin, un autre point intéressant à développer pourrait être d'intégrer, dans l'étude, des manipulations ostéopathiques afin de voir l'impact sur la vitesse de tir. Une étude a déjà été réalisée par l'Ecole Supérieure d'Ostéopathie (41), et a étayé l'hypothèse qu'un traitement ostéopathique peut augmenter la vitesse de tir au handball, même si la technique, en plus de la puissance musculaire stricte, a un rôle très important dont la part n'est pas encore éclaircie.

4 CONCLUSION

De cette étude se dégagent plusieurs points :

- l'influence de l'entraînement sur une perturbation imposée
- Le rôle de la technique dans la compensation d'une perturbation
- la difficulté d'explorer tous les paramètres nécessaires
- les perspectives intéressantes à développer

Le débat reste donc ouvert quant aux mécanismes d'action d'une perturbation occlusale et de son influence sur le reste du corps. Les mécanismes d'adaptations sont encore mal compris et tendent à donner des résultats contradictoires entre les études. En effet, une perturbation occlusale peut perturber un joueur, mais un déséquilibre peut également aller dans le même sens qu'un mécanisme d'adaptation déjà en place et tendre, de façon imprévue, à améliorer ses compétences. De plus, le paramètre « technique et apprentissage » est très important à prendre en compte car il n'est pas perturbé par la cale occlusale.

En fin de compte, ce paramètre technique de tir est très important et peu maîtrisé. En effet certains entraîneurs vont mettre en avant la précision du poignet, d'autres, la puissance de la ceinture scapulaire, d'autres encore celle des jambes ou le dynamisme des appuis. D'autre part la précision et l'intelligence (feintes, effets de balles..) du tir sont parfois plus importantes et concluantes que la puissance pure. En effet, le tir est un mouvement complexe mettant en relation beaucoup d'éléments et la vitesse de balle est seulement un élément final de cette chaîne d'éléments.

C'est peut-être pour cela que pour les joueurs de l'équipe de France, quintuple championne du monde, aucune optimisation n'est nécessaire, car ils sont « auto-optimisés ». En effet, les mécanismes d'adaptation naturels sont déjà à l'œuvre, et exploités au maximum, faisant ainsi partie d'un équilibre global. En effet, tout leur apprentissage de ce sport s'est fait autour de ces mécanismes d'adaptation, et chercher à les rééquilibrer par le biais de gouttière type « MORA » peut, en définitive, perturber tout leur apprentissage et faire chuter leurs performances (à court terme en tout cas) comme ce fut le cas pour Carl Lewis au moment de son traitement orthodontique.

L'optimisation des performances ne peut concerner que des joueurs en progression pour envisager :

- d'augmenter leurs performances
- de limiter ou de détecter le risque de blessures

5 ANNEXES

5.1.1.1 Collectif Meylan :

Annexe 1 : Valeurs enregistrées des vitesses de tirs avec et sans cale

joueurs Meylan, annexe 1	tirs à 7m sans cale (en km/h)			tirs à 7m avec cale (en km/h)			moyenne 7m sans cale	moyenne avec cale 7 m
COLLIN guillaume	62	68	65	52	57	57	65,00	55,33
ABIVEN Brian	52	64	61	60	60	65	59,00	61,67
BARTHE Thibaut	53	55	55	52	49	61	54,33	54,00
DAVID Fabien	55	57	52	54	54	61	54,67	56,33
HAMMAM Camille	66	57	61	62	57	62	61,33	60,33
HAMMAM Théo	54	56	48	36	59	57	52,67	50,67
HERMIL Yohan	66	62	60	59	61	67	62,67	62,33
MAUJEAN Rémi	57	55	59	54	50	57	57,00	53,67
MINGHINI Alexis	67	67	63	66	66	73	65,67	68,33
THOMAS Arthur	55	60	60	58	45	49	58,33	50,67

Annexe 2 : Tableaux 1 et 2 de résultats de la plateforme de force

:

	x moyen joueurs Meylan		surface (mm ²)	longueur X1 (mm)		LFS		incl moy (°)		variance de vitesse (mm/s)		
	SANS CAL	AVEC CAL		SANS CAL	AVEC CAL	SANS CAL	AVEC CAL	SANS CAL	AVEC CAL			
Colonne1	SANS CAL	AVEC CAL	SANS CAL	AVEC CAL	SANS CAL	AVEC CAL	SANS CAL	AVEC CAL	SANS CAL	AVEC CAL		
COLLIN guillaume	-3.47	-1.16	152,20	60,30	208,31	207,41	0,47	0,50	2,19	2,42	16,38	13,47
ABIVEN Brian	4.67	8.80	379,90	215,00	287,27	241,75	0,54	0,51	3,19	3,43	8,80	10,45
BARTHE Thibaut	7.68	2.47	103,10	194,90	351,51	279,56	0,82	0,60	2,26	3,10	9,53	11,92
DAVID Fabien	6.16	5.00	117,40	156,10	253,65	282,04	0,58	0,63	2,23	2,25	12,70	14,38
HAMMAM Camille	1.80	1.76	43,60	139,30	199,34	191,56	0,49	0,43	2,74	2,95	9,28	8,93
HAMMAM Théo	-0.06	-1.32	85,40	75,10	329,85	332,16	0,78	0,79	1,47	1,19	16,57	18,34
HERMIL Yohan	6.01	5.99	119,20	53,20	366,68	307,48	0,84	0,74	2,86	2,67	11,85	11,91
MAUJEAN Rémi	2.67	1.28	417,20	237,50	251,15	254,04	0,45	0,53	1,06	2,18	18,84	11,86
MINGHINI Alexis	6.86	3.83	86,10	169,50	229,66	205,09	0,54	0,45	2,49	2,30	11,06	14,29
THOMAS Arthur	0.09	9.34	228,60	451,20	528,23	528,57	1,11	1,00	1,58	1,98	18,57	15,88

Tableau 1 : synthèse des données de la plateforme de force des joueurs de Meylan, avec et sans cale, concernant x moyen, la surface, LFS, la variance, et l'inclinaison moyenne.

Valeurs en rouge : en dessus de la moyenne.

Valeurs en vert : en dessous de la moyenne

En noir : dans la moyenne

valeurs	val minimum	valeur ma	moyenne
surface (mm ²)	39	210	91
Longueur XY (mr)	307	599	429
X moyen (mm)	-10	12	1
LFS	0,72	1,39	1
Variance de vite	3	18	10

(Tableau 2)

Tableau 2 : représente les valeurs moyennes dans une population standard sur la plateforme de force.

5.1.1.2 Collectif Vizille

joueurs V	7 M + 3 PA	7m+3cas a
DIMIRI	67	60
ALEXIS	79	58
THOMAS	63	46
GEOFFREY	75	67
OLIVIER	68	55
SLY	85	83
DOMINIQUE	81	68
SEBASTIEN	82	80
YAN	73	53

(Annexe 3)

Annexe 3 : Mesures des vitesses de tir en km/h aux 7m avec 3 pas d'élan, au mois de mai 2015.

Annexe 4	7 m + 3 pas sans cale				7 m + 3 pas avec cale				7 m sans cale				7 m avec cale			
joueurs Vizille	1	2	3	Moyenne	4	5	6	Moy.	7	8	9	Moy.	10	11	12	Moy.
DIMIRI	65	67	67	66,33	60	58	58	58,67	55	54	56	55,00	54	52	51	52,33
ANTHONY	48	48	46	47,33	46	46	50	47,33	41	42	43	42,00	46	33	31	36,67
THOMAS	59	56	57	57,33	51	42	42	45,00	37	38	34	36,33	41	42	44	42,33
MICHEL	64	63	64	63,67	61	61	61	61,00	64	63	64	63,67	60	63	61	61,33
YAN	73	69	64	68,67	53	61	60	58,00	60	59	58	59,00	52	40	52	48,00
WILLY	66	66	65	65,67	62	57,5	57,5	59,00	66	65	64	65,00	62	57	56	58,33
JEAN	61	60	57	59,33	26	41	29	32,00	51	43	57	50,33	50	49	48	49,00
DAMIEN	64	62	69	65,00	76	63	65	68,00	61	55	57	57,67	58	50	54	54,00

Annexe 4 : Mesures de la vitesse en km/h des tirs des joueurs de Vizille avec et sans élan au mois de septembre 2015.

	x moyen	surface (mm ²)	longueur XY (mm)	LFS	incl moy (°)	variance de vitesse (mm/s)					
collectif vizille	SANS CAL	AVEC CAL	SANS CAL	AVEC CAL	SANS CAL	AVEC CAL	SANS CAL	AVEC CAL			
ALBERS Dimitri	0.13	0.71	168.0	351.13	335.29	0.72	0.74	0.57	0.65	19.66	24.01
DEBARADONNECHE Jean	3.67	5.92	115.7	208.75	228.35	0.48	0.56	1.56	1.63	17.02	15.73
JACQUEMIN Thomas	-4.03	-1.06	158.8	379.9	380.21	0.90	0.71	3.21	3.39	8.07	9.43
JEANNIN Yann	3.62	1.43	366.8	389.4	525.93	0.84	0.97	0.78	0.97	24.66	20.65
MASEGOSA Willy	-8.03	-5.57	440.9	206.8	580.56	1.07	1.24	2.89	3.39	19.80	10.46
NOYEN Damien	-3.32	0.09	229.5	220.1	258.30	0.68	0.55	3.40	4.07	8.19	3.57
BAVABENT Michael	4.15	5.63	424.2	146.9	351.88	0.72	0.79	1.93	1.82	14.38	15.82
LOMBARDO Anthony	-3.45	-20.36	372.9	191.8	268.94	0.61	0.58	0.85	1.09	16.67	20.63

Annexe 5 : synthèse des données de la plateforme de force des joueurs de Vizille, avec et sans cale, concernant x moyen, la surface, LFS, la variance, et l'inclinaison moyenne

5.1.1.3 Collectif Saint Genis Laval

Annexe 6	7 m + 3 pas sans cale				7 m + 3 pas avec cale				7 m sans cale				7 m avec cale			
joueuses st genis laval	L	2	3	Moyen ne.	4	5	6	Moy.	7	8	9	Moy.	10	11	12	Moy.
Anne Laure	66	62	64	64,00	62	62	66	63,33	53	53	50	52,00	56	54	52	54,00
Clara	55	51	55	53,67	54	54	51	53,00	43	55	54	50,67	54	52	56	54,00
Perrine	63	63	60	62,00	59	59	64	60,67	60	56	58	58,00	52	55	59	55,33
Tatiana	56	43	49	49,33	51	51	54	52,00	44	36	35	38,33	34	26	38	32,67
Lola	57	56	51	54,67	54	57	62	57,67	48	50	50	49,33	47	48	53	49,33

Annexe 6 : Mesures de la vitesse en km/h des tirs des joueuses de St Genis Laval avec et sans élan et avec et sans cale au mois de septembre 2015.

	x moyen		surface (mm ²)		longueur XY (mm)		LFS		incl moy (°)		variance de vitesse (mm/s)	
	SANS CALE	AVEC CALE	SANS CALE	AVEC CALE	SANS CALE	AVEC CALE	SANS CALE	AVEC CALE	SANS CALE	AVEC CALE	SANS CALE	AVEC CALE
Collectif st Genis Laval												
BLANC THEVENET Anne-Lau	6.11	6.55	198.6	191.7	486.38	449.54	1.05	0.97	2.83	2.88	8.64	8.59
DE MESTER Clara	-2,6	-3,42	269.0	150.4	512.16	476.29	1.04	1.07	2.29	2.99	13.18	8.45
AUGNE Tatiana	-4,67	-4,01	182.3	96.4	331.29	247.73	0.72	0.58	2.96	3.09	8.33	6.05
GUILLEMIN Perrine	2.75	-2.10	154.7	233.2	422.81	454.20	0.94	0.95	2.11	2.56	12.44	9.42
FERNANDEZ Lola	5.25	6.50	185.0	132.7	537.47	412.29	1.17	0.94	2.31	2.24	11.52	11.95
FUNTA Marine	-1.07	8.56	141.9	233.2	493.16	395.64	1.11	0.83	2.76	2.31	12.45	10.95

Annexe 7 : la plateforme de force: synthèse des données de la plateforme de force des joueuses de St Genis Laval, avec et sans cale, concernant x moyen, la surface, LFS, la variance, et l'inclinaison moyenne.

6 BIBLIOGRAPHIE


1. MANSON J. Influence de l'occlusion sur les performances sportives [Thèse d'exercice: Chirurgie dentaire]. [France]: Université de Nantes. Unité de Formation et de Recherche d'Odontologie; 2010.
2. HABRARD G. Occlusion dentaire et performance sportive [Thèse d'exercice: Chirurgie dentaire]. [Lyon]: Université Claude Bernard Lyon 1; 2014.
3. VEYRE S. Anatomie tête et cou. Cours de 2eme année en Chirurgie dentaire présenté à: Lyon; 2009 2010; Faculté d'Odontologie de Lyon.
4. CLAUZADE M-A. Concept ostéopathique de l'occlusion. Perpignan (1 rue de l'Ange, 66000): SEOO éd; 1989. 429 p.
5. MARGUELLES-BONNET R, YUNG J-P, LUNDEEN HC, LEJOYEUX J, Collet G. Pratique de l'analyse occlusale et de l'équilibration. Paris, France: C.D.P; 1984. 271 p.
6. LEJOYEUX J, CERNEA P. Prothèse complète. Diagnostics, traitements. Paris, France: Maloine; 1971. 396 p.
7. HAMMOND P. Ostéopathie. In: Influence de l'os hyoïde sur l'articulation temporo-mandibulaire. Ed. Atman. 1988. p. 35-8.
8. TOULEMONDE D. Utilisation du système WIN-POSTURO. Formation présenté à: Lyon pour l'utilisation de la plateforme de force et du logiciel de chez médicapture; 2014 nov 17; Faculté d'Odontologie de Lyon.
9. BLUDZIEN P. Interrelation entre position mandibulaire et équilibre musculaire global. Illustration par les sportifs pendant l'effort. [Thèse d'exercice : Chirurgie dentaire]. LYON; 1994.
10. BOCQUET E. Troubles d'occlusion. Troubles temporo-mandibulaire. Trouble de posture [Mémoire CECSMO : orthodontie]. [Lille, France]: Lille 2; 2004.
11. LANDOUZY J-M, DELATTRE B. Mal de dos, mal de dents: les douleurs dues aux déséquilibres de la mâchoire et des dents. Aubagne, France: Éditions Quintessence, DL 2005; 2005. 217 p.
12. FRANC M. Gouttières et performances chez le sportif de haut niveau [Mémoire : Institut supérieur d'ostéopathie de Lille. DU D'Occlusodontie et d'Equilibre Corporel]. [Lille, France]: Lille; 2015.
13. MEYER J, BARON J. Participation des afférences trigéminales à la régulation tonique posturale. Aspects statiques et dynamiques. Agressologie. 1976;17(1):33-40.
14. STUYF-DENYS G. Les Chaînes musculaires et articulaires. Paris, France: Maloine; 1982. 119 p.
15. GIANNAKOPOULOS NN, HELLMANN D, SCHMITTER M, KRÜGER B, HAUSER T, SCHINDLER HJ. Neuromuscular interaction of jaw and neck muscles during jaw clenching. J Orofac Pain. 2013;27(1):61-71.

16. JACQUES.H, AUCLAIR-ASSAAD.C, SEQUEIRA.H, BOCQUET.E. Craniomandibular relations and anti-gravity posture: stabilometric study disclusion wedges. *Orthod Fr.* 26 juin 2015;86(2):181-8.
17. CLAUZADE M-A, MARTY J-P. *Orthoposturodentie*. Perpignan, France: S.E.O.O.; 2006. 218 p.
18. BALDINI A, NOTA A, TRIPODI D, LONGONI S, COZZA P. Evaluation of the correlation between dental occlusion and posture using a force platform. *Clin São Paulo Braz.* janv 2013;68(1):45-9.
19. TSOLKA P, PREISKEIL H. Kinesiographic and electromyographic assessment of the effects of occlusal adjustment therapy on craniomandibular disorders by a double-blind method. *J Prosthet Dent.* 1993;69(1):85-92.
20. GIN RH, GREEN BN. George Goodheart, Jr., D.C., and a history of applied kinesiology. *J Manipulative Physiol Ther.* juin 1997;20(5):331-7.
21. TIJARDOVIC M. Intérêt d'une occlusion équilibrée chez le handballeur de haut niveau [Thèse d'exercice: Chirurgie dentaire]. [Lyon]: Claude Bernard lyon 1; 1998.
22. TSCHERNITSHEK H, FINK M. [« Applied kinesiology » in medicine and dentistry--a critical review]. *Wien Med Wochenschr* 1946. févr 2005;155(3-4):59-64.
23. GAGEY P-M, WEBER B, BONNIER L. *Posturologie: régulation et dérèglements de la station debout*. Paris, France: Masson; 1999. 165 p.
24. PACQUELET L. Influence de l'occlusion sur la posture : approche électropodographique [Thèse d'exercice : Chirurgie dentaire]. [Lyon]: Claude Bernard Lyon 1; 1995.
25. PERDRIX G, PERDRIX P, CHAMPENOIS M. Sport et occlusion dentaire : influence de l'occlusion dentaire sur la capacité musculaire. *Chir Dent Fr.* 1997;859:35-41.
26. MEYER J. Les syncinésies des élévateurs mandibulaires chez les sportifs. In: *Odontologie et stomatologie du sportif*. Paris, France: Masson; 1983. p. 46-51.
27. FERRARIO VF, SFORZA C, DELLAVIA C, TARTAGLIA GM. Evidence of an influence of asymmetrical occlusal interferences on the activity of the sternocleidomastoid muscle. *J Oral Rehabil.* janv 2003;30(1):34-40.
28. FORRESTER SE, ALLEN SJ, PRESSWOOD RG, TOY AC, PAIN MTG. Neuromuscular function in healthy occlusion. *J Oral Rehabil.* sept 2010;37(9):663-9.
29. PIREL C. occlusion dentaire, posture, et performances. CNOSF, Troisième Conférence Nationale Médicale Interfédérale présenté à: Paris. Intitulée: Odonto-stomatologie et sport; 2006 nov 28; Paris, France.
30. JEANMONOD A. *Occlusodontologie: applications cliniques*. Paris: Ed. CDP; 1988. 358 p.
31. PERINETTI G. Dental occlusion and body posture : No detectable correlation. *Gait Posture.* 2006;24(2):165-8.

32. BALDINI A, BERARDI A, NOTA A, DANELON F, BALLANTI F, LONGONI S. Gnathological postural treatment in a professional basketball player: a case report and an overview of the role of dental occlusion on performance. *Ann Stomatol (Roma)*. avr 2012;3(2):51-8.
33. CIANCAGLINI R, CERRI C, SAGGINI R. Consensus Conférence. Posture and occlusion. Hypothesis of correlation. *Int J Stomatol Occlusion Med*. 2009;2(2):87-96.
34. YANG F. Comment améliorer sa puissance de tir ? [Internet]. Ilosport. 2015 [cité 12 oct 2015]. Disponible sur: <http://www.ilosport.fr/handball/tout-savoir/comment-ameliorer-sa-puissance-de-tir/>
35. MARQUES M-C, VAN DEN TILLAA R, VESCOVI J, GONZALEZ-BADILLO J. Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *Int J Sports Physiol Perf* 2; 2007.
36. WAGNER H, PFUSTERSCHMIED J, VON DUVILLARD SP, MULLER E. Performance and Kinematics of Various Throwing Techniques in Team-Handball. *J Sports Sci Med*. 1 mars 2011;10(1):73-80.
37. WAGNER H, BUCHECKER M, VON DUVILLARD SP, MULLER E. Kinematic Description of Elite Vs. Low Level Players in Team-Handball Jump Throw. *J Sports Sci Med*. 1 mars 2010;9(1):15-23.
38. FILOHL B. Contribution à l'étude de l'influence d'une occlusion équilibrée sur la force musculaire [Thèse d'exercice: Chirurgie dentaire]. [Lyon]: Claude Bernard Lyon 1; 1991.
39. WANG K, UENO T, TANIGUCHI H, OHYAMA T. Influence on isometric muscle contraction during shoulder abduction by changing occlusal situation. *Bull Tokyo Med Dent Univ*. 1996;43(1):1-12.
40. EGRET C, LEROY D, LORET A, CHOLLET D, WEBER J. Effect of mandibular orthopedic repositioning appliance on kinematic pattern in golf swing. *Int J Sports Med*. févr 2002;23(2):148-52.
41. RAMAUGE S. Influence d'une technique ostéopathique sur la vitesse de tir au handball [Mémoire : Ostéopathie]. [Paris, Marne-la-Vallée, France]: Ecole Supérieur d'Ostéopathie de Paris; 2005.

		N° 2015 LYO 1D 85
<p>LUCIANI (Oriane) – Impact de l’occlusion dentaire dans les performances au Handball.</p> <p>(Thèse : Chir. Dent. : Lyon : 2015.85)</p> <p>N°2015 LYO 1D 85</p>		
<p>De nombreuses théories essentiellement fondées sur l’empirisme sont considérées comme acquises en odontologie. Parmi elles, le fait que l’occlusion ait un impact sur la posture.</p> <p>Ces hypothèses semblent avoir des implications cliniques, comme la disparition ou déplacements de douleurs, diminution ou augmentation de récurrence de tendinites et autres blessures, modification du confort, etc.</p> <p>À travers ce travail synthétique, nous avons essayé de caractériser l’impact d’une déstabilisation occlusale sur les performances de joueurs de handball. A l’issue de cette étude personnelle, nous avons évalué l’intérêt de la mise en place de traitements occlusaux et posturaux au handball. Enfin, nous avons conclu sur les limites d’une telle prise en charge et sur les perspectives d’avenir de ces traitements dans l’optimisation des performances des joueurs en cours de progression.</p>		
<u>Rubrique de classement :</u>		Posturodentie
<u>Mots clés :</u>		<ul style="list-style-type: none"> - Occlusion dentaire - Odontologie du sport - Performances - Posture - Handball
<u>Mots clés en anglais :</u>		<ul style="list-style-type: none"> - Dental occlusion - Sport dentistry - Performance - Posture - Handball
<u>Jury :</u>	<p>Président :</p> <p>Assesseurs :</p>	<p>Monsieur le Professeur Olivier ROBIN</p> <p>Madame le Docteur GRITSH Kerstin</p> <p><u>Monsieur le Docteur Christophe JEANNIN</u></p> <p>Monsieur le Docteur ABOLLEIL Hazem</p>
<u>Adresse de l’auteur :</u>		<p>LUCIANI Oriane</p> <p>3 rue de la liberté</p> <p>69100 Villeurbanne</p>



 06 01 99 75 70

contact@imprimerie-mazenod.com

www.thesesmazenod.fr