



HAL
open science

Effet du calage mandibulaire à l'aide d'une protection intra-buccale sur les performances du boxeur

Manon Paoli

► **To cite this version:**

Manon Paoli. Effet du calage mandibulaire à l'aide d'une protection intra-buccale sur les performances du boxeur. Chirurgie. 2018. dumas-01845280

HAL Id: dumas-01845280

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01845280>

Submitted on 20 Jul 2018

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

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

Université de Bordeaux
Collège des Sciences de la Santé
UFR des Sciences Odontologiques

Année 2018

N°34

Thèse pour l'obtention du
DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

Par Manon Hélène PAOLI
Née le 19 Mai 1989 à Dax

Le 19 Juin 2018

**Effet du calage mandibulaire à l'aide d'une protection intra-
buccale sur les performances du boxeur**

Directeur de thèse

Dr Philippe POISSON

Membres du jury

Président	Mme V. DUPUIS	Professeur des Universités
Directeur	Mr P. POISSON	Maître de Conférences des Universités
Rapporteur	Mr W. BOUJEMAA AZZI	Assistant Hospitalo-Universitaire
Assesseur	Mr E. D'INCAU	Maître de Conférences des Universités

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ
25/09/2017

Président M. TUNON DE LARA Manuel
Directeur de Collège des Sciences de la Santé M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES ODONTOLOGIQUES

Directrice Mme BERTRAND Caroline 58-01
Directrice Adjointe – Chargée de la Formation initiale Mme ORIEZ-PONS Dominique 58-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche M. FRICAIN Jean-Christophe 57-01
Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales M. LASSERRE Jean-François 58-01

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme	Caroline	BERTRAND	Prothèses	58-01
Mme	Marie-José	BOILEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Sylvain	CATROS	Chirurgie orale	57-01
Mme	Véronique	DUPUIS	Prothèses	58-01
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux	58-01
M.	Jean-Christophe	FRICAIN	Chirurgie orale	57-01

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme	Elise	ARRIVÉ	Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale	56-02
Mme	Cécile	BADET	Biologie orale	57-01
M.	Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Michel	BARTALA	Prothèses	58-01
M.	Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Christophe	BOU	Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale	56-02
Mme	Sylvie	BRUNET	Chirurgie orale	57-01
M.	Stéphane	CHAPENOIRE	Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux	58-01
M.	Jacques	COLAT PARROS	Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux	58-01
M,	Jean-Christophe	COUTANT	Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux	58-01
M.	François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Raphael	DEVILLARD	Dentisterie restauratrice, endodontie	58-01
M.	Emmanuel	D'INCAU	Prothèses	58-01
M.	Dominique	GILLET	Dentisterie restauratrice, endodontie	58-01
M.	Jean-François	LASSERRE	Prothèses	58-01
M.	Yves	LAUVERJAT	Parodontologie	57-01
Mme	Odile	LAVIOLE	Prothèses	58-01
M.	Jean-Marie	MARTEAU	Chirurgie orale	57-01
Mme	Javotte	NANCY	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Adrien	NAVEAU	Prothèses	58-01
Mme	Dominique	ORIEZ	Dentisterie restauratrice, endodontie	58-01

M.	Jean-François	PELI	Dentisterie restauratrice, endodontie	58-01
M.	Philippe	POISSON	Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale	56-02
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Johan	SAMOT	Biologie orale	57-01
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Biologie orale	57-01
M.	Eric	VACHEY	Dentisterie restauratrice, endodontie	58-01

ASSISTANTS

Mme	Audrey	AUSSEL	Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux	58-01
M.	Wallid	BOUJEMAA AZZI	Dentisterie restauratrice, endodontie	58-01
Melle	Camille	BOULÉ-MONTPEZAT	Odontologie pédiatrique	56-01
Melle	Anais	CAVARÉ	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Hubert	CHAUVEAU	Dentisterie restauratrice, endodontie	58-01
M.	Mathieu	CONTREPOIS	Prothèses	58-01
M.	Jean-Baptiste	CULOT	Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux	58-01
Mme	Clarisse	DE OLIVEIRA	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Cédric	FALLA	Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale	56-02
Mme	Mathilde	FENELON	Chirurgie orale	57-01
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Agathe	GREMARE	Biologie orale	57-01
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Dentisterie restauratrice, endodontie	58-01
M.	Adrien	LASTRADE	Prothèses	58-01
M.	Alexandre	MARILLAS	Dentisterie restauratrice, endodontie	58-01
M.	Emmanuel	MASSON-REGNAULT	Chirurgie orale	57-01
Mme	Marie	MÉDIO	Orthopédie dento-faciale	56-01
Mme	Meryem	MESFIOUI	Parodontologie	57-01
Mme	Darrène	NGUYEN	Biologie orale	57-01
M.	Ali	NOUREDDINE	Prothèses	58-01
Mme	Chloé	PELOURDE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Antoine	POPELUT	Parodontologie	57-01
Mme	Charlotte	RAGUENEAU	Prothèses	58-01
Mme	Noëlla	RAJONSON	Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale	56-02
M.	Clément	RIVES	Dentisterie restauratrice, endodontie	58-01
M.	Thibaut	ROULLAND	Prothèses	58-01
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèses	58-01
Mme	Audrey	SAY LIANG FAT	Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale	56-02

A notre Présidente de thèse

Madame le Professeur Véronique DUPUIS

Professeur des universités – Praticien hospitalier

Sous-section Prothèses 58-01

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de présider cette thèse.

Je tiens à vous faire part de ma gratitude pour l'enseignement que vous nous avez transmis à l'Université.

Veillez trouver, par la réalisation de ce travail, l'expression de mes sentiments les plus respectueux.

A notre Directeur de thèse

Monsieur le Docteur Philippe POISSON

Maître de conférences des universités – Praticien hospitalier

Sous-section Santé publique 56-02

Je vous suis infiniment reconnaissante d'avoir dirigé cette thèse avec autant d'investissement. Ce fut un réel plaisir de travailler avec vous.

Je vous remercie pour l'ensemble de vos enseignements, aussi bien théoriques à l'Université que cliniques lors de mes stages à l'hôpital Xavier Arnozan. J'ai beaucoup apprécié votre rigueur et votre pédagogie.

Je tiens à vous remercier et vous exprimer mon plus profond respect pour votre encadrement très professionnel, votre disponibilité, votre optimisme, vos conseils et votre aide précieuse.

A notre Rapporteur de thèse

Monsieur le Docteur Wallid BOUJEMAA AZZI

Assistant Hospitalo-Universitaire

Sous-section Dentisterie restauratrice, endodontie 58-01

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en ayant accepté d'être le rapporteur de cette thèse.

Je vous suis très reconnaissante pour votre aide à la réalisation de ce travail, votre investissement, les recommandations pertinentes que vous avez apportées, mais également pour votre encadrement et votre sympathie lors de mes stages cliniques à l'hôpital Xavier Arnozan.

A notre Assesseur

Monsieur le Docteur Emmanuel D'INCAU

Maître de conférences des universités – Praticien hospitalier

Sous-section Prothèses 58-01

Je vous remercie pour l'honneur que vous me faites en acceptant de participer au jury de cette thèse.

Je tiens à vous exprimer toute ma gratitude pour l'enthousiasme dont vous faites preuve lors de vos enseignements à l'Université, ainsi qu'à l'hôpital Xavier Arnozan. Ce fut très agréable de vous avoir comme enseignant.

À la mémoire d'Antoine, mon fiancé.

Il m'a apporté tant d'amour et a su me combler de bonheur de façon inconditionnelle pendant toutes mes années d'études.

Je remercie mes parents pour leur soutien, leur confiance, leur aide, leur amour, leur patience. Je les remercie pour leur présence indispensable, spécialement au cours de cette année particulière.

Je remercie Florent pour sa joie de vivre contagieuse, son soutien, et surtout pour tout l'amour qu'il m'apporte.

Je remercie Agnès et Jérémy pour leur amitié sans faille, à l'épreuve du temps et de la vie.

Je remercie les Docteurs Christian DUFOUR, Laetitia SOULAT, Véro, Chrystel et Annick pour leur accueil si chaleureux, leur écoute, leurs conseils, leur amitié, et parce qu'ils rendent mon lieu de travail si agréable.

Je remercie Les Docteurs Florence et Antoine CHICAUD pour m'avoir ouvert les portes de leur cabinet depuis le début de mes études, pour la confiance qu'ils m'ont accordée, leur sympathie et leur soutien.

Je remercie le Docteur Philippe ARNAUD pour m'avoir fait découvrir ce métier passionnant.

Je remercie Denis MANCINI, prothésiste, pour son amitié, son aide précieuse et sa disponibilité, dans les moments difficiles de la vie comme dans les plus agréables.

Je remercie le Docteur Philippe LABEDAN, Président du Conseil de l'Ordre des Landes, pour sa sympathie, son professionnalisme mais également son humanité.

Je remercie Corinne GOIGOU, secrétaire du Conseil de l'Ordre des Landes, pour son efficacité et sa gentillesse. J'apprécie toujours nos échanges, qu'ils soient professionnels ou non !

A ma famille et à mes amis pour leur précieuse affection.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	8
ABREVIATIONS	9
<u>I. REVUE DE LA LITTERATURE</u>	<u>10</u>
1. APPAREIL MANDUCATEUR ET POSTURE	12
1.1. RECHERCHE CLINIQUE FONDAMENTALE	12
1.1.1. CALAGE MANDIBULAIRE EN OCCLUSION DENTAIRE	12
1.1.2. CALAGE MANDIBULAIRE AVEC ORTHESE	17
1.2. RECHERCHE CLINIQUE APPLIQUEE AU SPORT	28
1.2.1. CALAGE MANDIBULAIRE EN OCCLUSION DENTAIRE	28
1.2.2. CALAGE MANDIBULAIRE AVEC ORTHESE	28
2. SYNTHESE	32
<u>II. ETUDE DES EFFETS DU PORT D'UNE PROTECTION INTRA-BUCCALE SUR LA PUISSANCE ET LA PRECISION D'UN COUP DE POING EN SPORTS DE COMBAT</u>	<u>36</u>
1. MATERIEL ET METHODE	37
2. RESULTATS	41
3. DISCUSSION	43
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	<u>46</u>
<u>ANNEXES</u>	<u>51</u>
ANNEXE 1 : PARAMETRES MESURES	51
ANNEXE 2 : COMBINAISONS DE MOTS-CLES	55
ANNEXE 3 : NOTE D'INFORMATION	57
ANNEXE 4 : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT	59

INTRODUCTION

L'intérêt du port d'une protection intra-buccale (PIB) dans les sports de contact est maintenant communément admis afin de prévenir les traumatismes dento-maxillaires. (1) Il est ainsi obligatoire par les fédérations sportives suivantes : boxe, taekwondo, hockey sur glace et football américain, et recommandé dans d'autres disciplines à risque comme le rugby, le handball ou le basketball.

Un rôle supplémentaire de la PIB dans la prévention des commotions cérébrales et des traumatismes du rachis cervical est proposé par différents auteurs. Cependant, cette hypothèse est actuellement discutée et reste à confirmer. (34)(39)(52)

Par ailleurs, l'intérêt du port de la PIB ne se limiterait pas à une fonction de prévention de la traumatologie sportive de l'extrémité crânio-faciale et cervicale puisque certains auteurs décrivent la PIB comme une véritable orthèse de repositionnement mandibulaire avec des répercussions possibles sur la posture et le geste technique du sportif. Ainsi, l'hypothèse d'une intervention de la PIB dans l'optimisation de la performance sportive a été la thématique que nous avons souhaité aborder dans le cadre de notre travail de thèse.

Cette thématique est développée par le Dr Poisson qui m'a associée à un projet de recherche organisé sur des boxeurs à l'Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance (INSEP).

Notre projet de thèse a comporté deux étapes : tout d'abord un travail de revue de la littérature pour apporter un état actualisé des connaissances scientifiques sur les relations entre calage mandibulaire et posture ou encore geste sportif ; puis, un travail d'analyse et de discussion des résultats relevés dans l'étude clinique PIBPERF sur les effets du port d'une protection intra-buccale sur la puissance et la précision d'un coup de poing en sports de combat et menée à l'INSEP avec la Fédération Française de Boxe et la Fédération Française de Sports de Contacts et Disciplines Associées.

ABRÉVIATIONS :

OIM : Occlusion d'Intercuspidation Maximale

EMG : Électromyographie

SCM : Muscle Sterno-Cléido-Mastoidien

SNC : Système Nerveux Central

ATM : Articulation Temporo-Mandibulaire

PIB : Protection Intra-Buccale

MORA : Mandibular Orthopedic Repositioning Appliance (Gouttière de repositionnement mandibulaire)

TDM : Tomodensitométrie

EFR : Exploration Fonctionnelle Respiratoire

VEMS : Volume Expiratoire Maximal par Seconde

EVA : Echelle Visuelle Analogique

I. REVUE DE LA LITTERATURE

Le champ de cette revue de la littérature concerne l'appareil manducateur et la posture, plus précisément l'effet du calage mandibulaire avec ou sans orthèse sur la posture et sur l'exécution d'un geste.

Les paramètres mesurés dans les différentes études sont listés en annexe 1.

Stratégie de recherche:

Les requêtes ont été effectuées de novembre 2016 à Janvier 2017, en limitant les recherches aux articles publiés entre 2000 et 2016, en langue anglaise et française.

Les bases de données suivantes ont été utilisées : EBSCO host, EM-Premium, PubMed, ScienceDirect, Scopus, Wiley Online Library, et Research Gate, ainsi que les mots-clés suivants : sports dentistry, postural balance, teeth clenching, dental occlusion, appendage muscle strength, muscle strenght, body posture, performances, sport performances, mandibular position, occlusal interference, occlusion dentaire, posture, équilibre postural, sport, performances sportives, position mandibulaire, calage mandibulaire, MORA (Mandibular orthopedic repositioning appliance), mouthguard, occlusal splint, stabilization splint, mandibular advancement device, protection intra-buccale, orthèse d'avancée mandibulaire.

Les différentes combinaisons de mots-clés utilisées dans chacune de ces bases de données sont présentées en annexe 2.

1. APPAREIL MANDUCATEUR ET POSTURE

1.1. Recherche clinique fondamentale

Les données reportées ici concernent les effets du calage mandibulaire (avec ou sans orthèse) sur la posture d'un sujet ou la réalisation d'un geste.

1.1.1. Calage mandibulaire en occlusion dentaire

Les travaux répertoriés ci-dessous sont réalisés sans orthèse, uniquement en occlusion.

- L'expérimentation de Gangloff et Perrin sur 27 sujets, sans dent de sagesse et sans dysfonctionnement de l'ATM a étudié l'effet d'une anesthésie sélective au niveau de l'épine de Spix sur la posture à l'aide d'une plateforme de force. Ils ont ainsi bloqué localement les afférences du nerf trijumeau. Or, la proprioception du système manducateur assurée par des récepteurs du système musculaire masticatoire, des ligaments parodontaux, et des articulations temporo-mandibulaires, est transmise par le nerf trijumeau.

Ces auteurs ont constaté que le contrôle de la posture est alors altéré. En particulier, la posture de la tête est modifiée par l'inhibition des muscles masséters et SCM. Cela illustre l'influence des afférences trigéminales sur la stabilisation de la posture. (23)

D'autres études se sont intéressées à l'existence d'une éventuelle relation entre occlusion et posture.

- Ainsi, Hellmann a travaillé sur la posture bipodale ou unipodale de 12 sujets en occlusion contrôlée (force 250 Newtons) ou en absence d'occlusion. Son étude a associé un enregistrement EMG (muscle droit fémoral, muscle vaste médial, biceps fémoral, muscle tibial antérieur, muscle soléaire, gastrocnémien médial et masséter), une analyse du mouvement (stéréophotogrammétrie optoélectronique) et une mesure de la force occlusale.

Il constate, que l'occlusion ne modifie pas la stratégie de base du contrôle postural mais influence les modèles de co-contraction neuro-musculaire, optimisant la précision du mouvement. (28)

- Hellmann a également observé la posture de 20 sujets à l'aide d'une plateforme de force.

Il remarque une réduction significative de l'oscillation du corps pendant l'occlusion contrôlée mais pas d'influence significative pendant l'occlusion maximale ou pendant la mastication. (29)

- Une analyse posturométrique et stabilométrique est réalisée à l'aide d'une plateforme dans l'étude de Bracco, sur 95 sujets. Les enregistrements sont

effectués sujets debout, immobiles, yeux fermés et dans trois positions mandibulaires : en OIM, mandibule au repos puis en position myocentrée (équilibre musculaire entre les muscles releveurs et abaisseurs de la mandibule).

Les résultats montrent des différences significatives entre ces trois positions mandibulaires. En effet, les auteurs constatent en position myocentrée une amélioration de l'équilibre postural dans le plan frontal par rapport à l'OIM ou à la position de repos. Cependant, ils ne notent pas de changement significatif dans le plan sagittal. (7)

- Ces travaux sont en accord avec ceux effectués par Baldini en 2012 (44 sujets) et 2013 (40 pilotes d'avion), qui retrouvent cette relation entre position mandibulaire et posture.

Il conclut que la position mandibulaire influence un peu l'aire d'oscillation du corps mais non sa vitesse de balancement : il y a moins d'oscillations en position de repos mandibulaire. Cependant, selon Baldini, l'utilisation de la plateforme de force n'est pas, de par son manque de sensibilité, l'outil idéal pour analyser une éventuelle relation entre occlusion dentaire et posture. (3)(4).

- Julià-Sánchez rapporte, par des études réalisées à l'aide d'une plateforme mesurant le degré d'inclinaison du sujet sur chaque axe, que l'occlusion dentaire influence l'équilibre postural lorsque les conditions deviennent instables et/ou en condition de fatigue. Les signaux afférents, provenant de l'occlusion, contribueraient plus efficacement au processus de contrôle de l'équilibre lorsqu'il y a davantage de perturbations externes présentes.

Les auteurs évoquent cependant la participation également d'une réorganisation des informations sensorielles, influençant l'équilibre postural lorsque le support est instable. (31)(32)

- Perinetti a également tenté de déterminer un lien entre occlusion dentaire et posture en utilisant la posturographie. 26 sujets (13 hommes et 13 femmes) ont été observés yeux ouverts, yeux fermés, en condition de repos mandibulaire ou en OIM.

Mais, son étude ne révèle pas de différence significative entre repos mandibulaire et OIM, les yeux ouverts ou fermés. Il évoque plutôt le rôle proprioceptif du nerf trijumeau dans ce binôme occlusion dentaire – posture. (51)

Certains travaux réalisés dans ce domaine (appareil manducateur et posture) s'intéressent au rôle des chaînes myofasciales : structure continue à travers laquelle le corps peut transmettre la tension, par une relation fonctionnelle entre groupes musculaires de même activité motrice, via leurs fascias.

- Cuccia, dans une étude incluant 168 sujets, mesure des paramètres posturaux à l'aide d'une plateforme (charge moyenne sur la surface plantaire, différence de charge entre l'avant et l'arrière pied, différence de surface entre l'avant et l'arrière pied, pourcentage du poids du corps sur chaque jambe). Il émet l'hypothèse selon laquelle l'occlusion forcée entraîne une augmentation de la surface de contact des deux voutes plantaires, et une meilleure répartition du poids du corps à cet endroit. (11)
- En revanche, selon Hellmann, l'équilibre n'est pas une position spécifique mais plutôt un processus dynamique déterminé par la taille du polygone de sustentation, la présence de forces internes et externes, la disponibilité d'informations sensorielles, la synergie inter et intra musculaire, et la coordination de plusieurs articulations à plusieurs degrés de liberté. Selon lui, l'hypothèse de communication par les chaînes myofasciales paraît peu probable. (28)

Quelques études sont réalisées en observant, non plus une occlusion physiologique, mais une occlusion parasitée :

- L'étude de Marini (particulièrement intéressante car longitudinale) observe, sur 55 étudiants volontaires, les effets d'une interférence occlusale expérimentale, créée par l'application de composite. Il associe pour cette étude un enregistrement EMG (muscles temporaux, masséters, SCM et trapèzes), une mesure des appuis podaux (plateforme de force) et une analyse du mouvement (stéréophotogrammétrie optoélectronique).

Il en conclut qu'une interférence occlusale ne modifie pas significativement au cours du temps les paramètres statiques et dynamiques de la posture corporelle. Cette interférence a une influence minimale, et uniquement sur les paramètres cinématiques frontaux et induit une augmentation transitoire de l'activité des muscles masticateurs. Cette interférence occlusale n'a pas d'influence significative sur la posture au cours d'une période de suivi de 14 jours. Selon les auteurs, des mécanismes de compensation du système neuromusculaire se sont mis en place. (41)

- Tardieu compare chez 10 jeunes adultes, en conditions stables et dynamiques, yeux ouverts et yeux fermés, l'influence du repos mandibulaire, de l'OIM et de la malocclusion simulée, sur la posture, grâce à l'utilisation d'une plateforme. Il mesure l'oscillation du corps et la vitesse moyenne du centre de pression des pieds.

Il observe un phénomène d'habituation lors des conditions dynamiques (les exercices ont été répétés plusieurs fois lors de l'étude). Il ne relève des différences qu'entre situation de malocclusion et repos mandibulaire. Il en conclut que l'information sensorielle liée à l'occlusion dentaire n'entre en

vigueur que lors de tâches posturales difficiles et que son rôle augmente à mesure que les autres indices sensoriels deviennent rares. (61)

- Une étude de Decocq sur 20 adultes volontaires recrutés lors de consultations d'orthodontie met en évidence l'influence des caractéristiques céphalométriques et des cales de désocclusion sur la posture. La statique posturale a été évaluée au moyen d'une plateforme stabilométrique.

Il constate une meilleure stabilité de la posture en classe I et en classe III squelettique, et chez les sujets hypodivergents (les sujets hyperdivergents sont souvent hypotoniques, ce qui pourrait expliquer un moins bon contrôle de la posture). (13)

Enfin, plusieurs auteurs se sont intéressés au réflexe H (de Hoffmann) : réflexe spinal monosynaptique entre les fibres afférentes proprioceptives de grand diamètre et les fibres motrices efférentes. Le principe du réflexe H (décrit en 1918) consiste à stimuler électriquement un nerf mixte et à recueillir la réponse musculaire réflexe.

- Takada, dans une étude incluant 7 participants, étudie le réflexe H des muscles des jambes (muscle jambier antérieur et muscle soléaire). D'autre part, il enregistre l'activité EMG du muscle masséter. Il constate alors que le réflexe H du muscle jambier antérieur est facilité pendant l'occlusion volontaire et ce, proportionnellement à la force de l'occlusion. En parallèle, il observe que l'inhibition du réflexe H du muscle antagoniste, le soléaire, est réduite. Il remarque que la facilitation des réflexes H du muscle jambier antérieur commence avant même l'apparition de l'activité EMG du muscle masséter (>200 millisecondes).

Il émet l'hypothèse que l'occlusion volontaire contribuerait au maintien de l'équilibre postural. (59)

- Une étude relativement similaire a été réalisée par Takahashi : il publie des travaux incluant également peu de participants (5 jeunes gens seulement) et parmi eux, un seul sujet où la mesure du muscle extenseur radial du carpe a été possible. Tout comme Takada, son étude porte sur l'éventuelle relation entre activité des masséters et des muscles d'un membre. Il choisit les muscles fléchisseurs et extenseurs radial du carpe. Il étudie pour cela le réflexe H par EMG. Ses constatations corroborent celles de Takada : l'amplitude des réflexes H des muscles de l'avant-bras augmente avec celle de la force occlusale. Il remarque lui aussi que l'activité des muscles de l'avant-bras précède de quelques millisecondes (40 à 95) celle du masséter.

A noter qu'à travers cette étude, il souhaite souligner le rôle joué par les mécanorécepteurs parodontaux dans la facilitation du réflexe H des muscles de l'avant-bras : l'activité orale motrice exerce une forte influence sur l'activité motrice de l'avant-bras. (60)

Certains auteurs ont réalisé une revue de la littérature dans ce domaine :

Cuccia relève :

- Le rôle potentiel de l'occlusion dentaire et des afférences trigéminales dans le contrôle du maintien de la posture,
 - L'influence des récepteurs parodontaux sur la posture, essentiellement par les travaux de Gangloff : l'anesthésie provoquée du nerf mandibulaire d'un côté entraîne un déplacement du poids du corps sur la jambe controlatérale.
 - La relation entre désordre temporo-mandibulaire et posture,
 - L'existence et le rôle des chaînes myofasciales, par l'interdépendance et les connexions de muscles entre eux, sur la posture.
 - Le fait qu'une différence de position mandibulaire induit une variation de la posture du corps (le changement de position mandibulaire entraîne des modifications au niveau des propriocepteurs parodontaux, ce qui affecte le centre de pression des pieds, la posture, la stabilité).
 - Le lien entre informations sensorielles des récepteurs proprioceptifs du système stomatognathique et celles des systèmes oculomoteurs et vestibulaires. Elles sont traitées en tandem.
 - La relation entre désordre temporo-mandibulaire et posture.
- (12)

Manfredini rapporte, à travers la littérature, qu'il n'y a pas toujours d'association entre occlusion dentaire et posture et que les paramètres mesurables pour la posture sont très variables.

Aussi suggère-t-il, aux vues des publications, la nécessité d'améliorer la qualité méthodologique des investigations et l'intérêt d'être plus spécifique, plus précis, quant aux questions cliniques posées.

De plus, Manfredini évoque l'importance d'évaluer cette relation occlusion – posture dans les deux sens. Or il y a peu d'études réalisées concernant le rôle de la posture sur l'occlusion.

Les rares études disponibles ont porté sur l'association entre une seule caractéristique occlusale et un seul paramètre postural chez des populations non représentatives, en l'absence de groupe témoin, sans examinateur aveugle, et avec une grande variabilité des outils de mesure. Une relation de cause à effet n'a jamais été évaluée car elle nécessiterait des études longitudinales qui font actuellement défaut.

Il émet un doute sur la validité interne des instruments de mesure (EMG de surface, kinésiographie, plateforme posturale, etc.). (40)

Michelotti souligne que, même si certaines associations ont été identifiées entre facteurs occlusaux et modifications posturales, il n'existe pas suffisamment de preuves scientifiques pour établir une relation de cause à effet.

Il met également l'accent sur l'absence de groupes témoins, le manque de fiabilité et de validité des tests diagnostiques utilisés et des protocoles d'étude inappropriés.

Il remarque que, si les résultats des travaux sont unanimes sur l'interdépendance entre position de la mâchoire et colonne cervicale, peu de preuves ont été apportées sur les sections plus inférieures de la colonne vertébrale.

Il note que pour rechercher l'influence de l'occlusion sur la posture, les critères de Bradford Hill (décrits en 1965) devraient être pris en compte (30) :

- 1- Force de l'association,
- 2- Reproductibilité,
- 3- Spécificité,
- 4- Relation temporelle,
- 5- Gradient biologique (relation dose-effet),
- 6- Plausibilité biologique,
- 7- Cohérence avec les associations déjà connues,
- 8- Preuve expérimentale,
- 9- Analogie.

Ces critères sont importants pour pouvoir établir une relation de cause à effet.

Enfin, au travers de sa revue de la littérature, cette relation potentielle lui paraît peu plausible, considérant que les dents sont très peu souvent en contact (20 à 30 minutes par jour). (43)

Perinetti relève qu'il existe peu d'études pertinentes qualitativement et quantitativement dans ce domaine. Sur 401 articles évalués, grâce à des critères qu'il définit pour évaluer le protocole des travaux, 5 seulement sont retenus comme fiables. (50)

1.1.2. Calage mandibulaire avec orthèse

De nombreux travaux ont été menés pour déterminer l'influence du calage mandibulaire avec orthèse sur la posture.

- Ainsi, Bergamini réalise ses travaux sur 24 jeunes sujets asymptomatiques mais présentant au moins une anomalie bucco-faciale : l'équilibre des muscles masticateurs (dont l'activité est vérifiée par EMG) est assuré par une plaquette acrylique.

Les résultats montrent une activité des muscles SCM et soléaire moins intense lorsque l'occlusion est rééquilibrée.

Il en conclut que les muscles impliqués dans la fermeture des mâchoires peuvent influencer l'activité d'autres muscles. Il évoque l'hypothèse selon laquelle le calage mandibulaire pourrait modifier la posture de la tête, le centre de gravité et donc la posture globale du sujet. (5)

- Les travaux de Fujimoto sont réalisés sur un groupe de 12 hommes qu'il observe lors de la marche à trois vitesses différentes à différentes positions mandibulaires (sans instruction, en position d'intercuspidation, avec des orthèses augmentant la dimension verticale de 3mm et de 5mm par rapport à la position d'intercuspidation maximale, et des orthèses décalant la mandibule à droite ou à gauche). Pour recueillir ses données, il utilise des chaussures avec dispositif de mesure télémétrique.

Il constate que la force de contraction des muscles masticateurs nécessaire pour maintenir la mandibule dans les positions déterminées n'est pas suffisante pour interférer avec la stabilité de la marche. Des variations existent mais les résultats ne sont pas exploitables par manque de cohérence.

Selon les auteurs, la posture humaine n'est pas assez stable car la surface de support du pied est étroite, et le centre de gravité du corps est haut (avec sa tête lourde positionnée tout en haut de la colonne vertébrale). Ils partagent l'hypothèse déjà évoquée plus haut selon laquelle le calage mandibulaire influence la posture de la tête et donc le centre de gravité. (21)

- Sforza a observé un groupe de 11 astronautes. Il compare l'activité EMG des muscles masséters, temporaux et SCM dans deux conditions : occlusion volontaire maximale avec et sans orthèse mandibulaire. En parallèle, il enregistre les oscillations posturales sur plateforme de force.

Dans la majorité des cas, il trouve une activité plus équilibrée, plus symétrique avec l'orthèse et une aire d'oscillation du centre de pression des pieds plus grande chez les sujets sans orthèse. Cependant, ces résultats ne sont pas significatifs. (58)

- Une étude de Oie évalue (sur 10 sujets masculins) les modifications du centre de gravité à l'aide d'une plateforme en fonction de différentes conditions de calage mandibulaire (occlusion centrée, augmentation de la dimension verticale de l'orthèse, contacts antérieurs uniquement, contacts postérieurs uniquement ou orthèse sur les trigones seulement) et ce, à 50% de leur force de contraction maximale.

Ses travaux rapportent que l'augmentation de dimension verticale n'a pas d'effet sur le centre de gravité. Mais la présence de contacts occlusaux ou de contacts occlusaux postérieurs diminue les déplacements du centre de gravité. (48)

- L'étude d'Ohlendorf utilise un système d'analyse du mouvement par mesure ultrasonique afin de mesurer les changements de position de la colonne vertébrale pour décrire sur 28 sujets l'influence du calage mandibulaire (plaque de silicone de 4 mm interposée successivement entre les prémolaires gauche, les prémolaires droite et les incisives, sur lesquelles il demande aux sujets de mordre avec une force modérée) en station debout et lors de la marche.

Cette manipulation de l'occlusion entraîne des changements de position de la colonne lorsque le sujet est debout et pendant la marche. Cependant, selon les auteurs, le protocole de l'étude ne permettrait pas de démontrer une réelle relation de cause à effet. Lors de la modification de l'occlusion, le SNC recevrait de nouvelles afférences dues à une position plus basse de la mandibule, ce qui entrainerait comme réponse efférente une adaptation de l'activité musculaire afin de prévenir des charges non physiologiques sur l'ATM. La modification du calage pourrait alors avoir un impact sur les connexions neuronales de tous les muscles du corps et entrainerait un nouveau flux d'informations proprioceptives dans tout le système locomoteur. (47)

- Ringhof publie une étude, observant 12 sujets dont le calage mandibulaire est stabilisé par une orthèse en relation centrée. La force de contraction est mesurée (capteur de force) ainsi que le centre de pression podale (à l'aide d'une plateforme de force) et les mouvements du corps (par système stéréophotogrammétrie optoélectronique). Ces enregistrements sont effectués sur les sujets en position debout bi- et unipodale.

Il observe qu'en serrant les dents à une force sous-maximale, les oscillations du corps sont significativement réduites sur les deux pieds ou un seul, et que les oscillations du tronc et de la tête sont également réduites. Il conclut que serrer les dents à une force sous-maximale induit une co-activation des muscles du tronc. (55)

- Sakaguchi s'est penché également sur l'influence de la position mandibulaire sur la posture (à l'aide d'une plateforme) et inversement. Pour cela il recrute 45 étudiants. Les positions mandibulaires testées sont : occlusion centrée, position de repos mandibulaire, une position imposée de la mandibule (alignement des freins labiaux maxillaire et mandibulaire), une position placebo (placée sur la surface vestibulaire des dents en occlusion centrée, ne recouvrant pas la surface occlusale), en diduction droite, puis en occlusion centrée avec installation d'une cale sous le talon droit.

Pour l'auteur, changer la position mandibulaire influence la posture : celle-ci est plus stable quand les sujets mordent en occlusion centrée et inversement, changer la posture influence la position mandibulaire. (57)

- Mizumachi étudie, chez 14 volontaires, le réflexe vestibulo-cholique (qui stabilise la tête dans l'espace) dans le plan sagittal, avec le port d'une PIB qu'ils doivent serrer avec une faible intensité. Le sujet est couché, la tête appuyée sur une planche à charnière qui se dérobera, l'activité EMG des muscles (SCM, masséters et digastriques) est alors mesurée. Il constate que le calage de la mandibule n'a pas d'influence sur le réflexe vestibulo-cholique dans le plan sagittal. Il observe que les perturbations du système postural sont corrigées par des réponses innées et acquises (conditionnées). Les réponses acquises sont caractérisées par un feedback immédiat depuis les informations visuelles,

vestibulaires et somatosensorielles, via le SNC qui active alors les muscles appropriés pour maintenir l'équilibre postural.

Le système postural comporte des modèles de réponses pour corriger rapidement des perturbations inattendues. Ces réponses acquises résultent d'un apprentissage impliquant le cervelet. (44)

- Enfin, Gangloff travaille sur un groupe de 18 tireurs, athlètes de haut niveau versus un groupe témoin de 18 sujets. Il compare les effets du port d'une gouttière dans quatre positions : OIM, position de relation centrée (articulaire), diduction droite et gauche. Il mesure le déplacement du centre de pression des pieds, yeux ouverts, yeux fermés, ainsi que l'oscillation du corps à l'aide d'une plateforme de force.

Les meilleurs résultats sont obtenus avec port de l'orthèse en position de relation centrée et ce, dans les deux groupes. (24)

D'autres travaux se concentrent sur le rôle du calage mandibulaire dans l'exécution d'un geste, en particulier sa puissance.

- Ainsi, Ahn mesure la force des muscles des bras et des jambes en position d'OIM, puis avec une gouttière augmentant la dimension verticale de 2mm, 3,5mm et 5mm (obtenue en augmentant la tige incisive de l'articulateur). Pour cela il a recruté 10 sujets masculins.

Il mesure la force des muscles des quatre membres grâce à un appareil d'isocinétisme. (Isocinétisme : mesure de la force à une vitesse imposée / CYBEX)

Au travers des résultats de cette étude il conclut que l'augmentation de la dimension verticale entraîne une augmentation de la force musculaire moyenne. C'est la hauteur de 3,5mm qui donne la force musculaire moyenne la plus importante avec une variation encore plus significative pour les muscles de la partie inférieure du corps. (2)

- Dans son étude, Buscà a mesuré des paramètres de saut vertical. Il analyse également deux autres gestes sportifs : la force isométrique de la préhension de la main, et le mouvement du rameur. 28 sujets ont été inclus dans cette étude. Il les observe dans trois types d'occlusion : mâchoires serrées, mandibule au repos ou avec port de PIB sur-mesure. Pour les situations mâchoires serrées ou avec port de la PIB, il est demandé aux sujets d'exercer une pression maximale.

La force de serrage de la main (main dominante, sujet en position debout, bras tendu en abduction) et le mouvement du rameur sont évalués grâce à un dynamomètre.

La hauteur du saut vertical est calculée par le logiciel de la plateforme (en fonction du temps passé en l'air). La puissance moyenne du saut est également calculée grâce à cette plateforme connectée.

Ses constatations sont les suivantes :

- Le pic de force maximale lors du geste de préhension est plus élevé si il est réalisé, par ordre décroissant : avec PIB, dents serrées et mandibule au repos.
- Le pic de force et l'explosivité lors du geste du rameur sont optimisés chez les athlètes porteurs du port de PIB par rapport aux deux autres conditions.
- La hauteur et la puissance moyenne du saut sont également plus élevées avec PIB. (8)

Pour d'autres auteurs, les travaux portent sur des paramètres observés dans le geste ou l'activité sportive tels que l'explosivité, consommation d'oxygène, puissance, modifications métaboliques (cortisol, acide lactique), signant la performance dans l'effort.

- L'étude de Ebben a pour objectif d'observer une relation entre contraction des muscles masticateurs et activité des muscles tibiaux antérieurs et soléaires lors d'une série de sauts verticaux. Il réalise ses travaux sur un groupe de 14 jeunes athlètes entraînés dans les conditions suivantes : en serrant les dents à une force maximale sur une PIB en vinyle ou bien bouche ouverte sans contact dentaire.

Taux de développement de la force, pic de force et temps écoulé jusqu'au pic de force sont mesurés par une plateforme.

Il observe que le taux de développement de la force est supérieur de 19,5% si le sujet serre les dents sur une PIB en vinyle plutôt que bouche ouverte. Serrer les dents sur une PIB aurait donc un effet ergogénique.

Le temps mis pour atteindre la force maximale est réduit de 20,15%. Il ne constate cependant pas de différence quant à la force maximale. Tout comme dans la manœuvre de Jendrassik, il remarque le principe selon lequel la contraction des muscles masticateurs entraîne une augmentation de l'amplitude du réflexe H dans les muscles tibiaux antérieurs et soléaires. Il émet l'hypothèse d'une liaison entre les afférences des structures motrices orales et les efférences cérébrales. (17)

- Pour Naretto, il s'agit de mesurer un squat sauté chez des sujets porteurs soit d'une orthèse qui augmente uniquement la dimension verticale (de 2,5mm et de 5mm à l'aide de la tige incisive de l'articulateur), ou d'une orthèse en protrusion ou en rétrusion. 15 sportifs participent à son étude, et doivent réaliser une série de 3 sauts verticaux.

Il utilise un système de détection optique (OptoJump) pour mesurer les paramètres suivants : la force explosive du saut et la puissance du saut.

Les résultats obtenus chez les sujets porteurs de l'orthèse de 5mm sont significativement supérieurs que ceux obtenus avec l'orthèse de 2,5mm, puis par ceux en OIM. En revanche, en condition de protrusion ou rétrusion, la différence n'est pas significative. (46)

- Bourdin propose des travaux évaluant l'influence du port de deux types de PIB : du commerce et sur-mesure, sur des paramètres généralement associés à la performance d'une équipe de sport. 19 participants masculins, joueurs de sports collectifs, sont testés. Le test consiste en une série de trois sprints à vitesse maximale pendant 6 secondes sur un vélo ergométrique.

Les paramètres explorés sont :

- Le temps de réaction visuelle,
- La force explosive mesurée par le vélo ergométrique lui-même,
- La ventilation au repos, la ventilation et la consommation en oxygène pendant l'effort, évaluées par un spiromètre.

Les résultats sont comparés dans les trois conditions suivantes : avec PIB du commerce, PIB sur-mesure et sans PIB.

Les constatations sont les suivantes :

- Il n'existe pas de différence significative sur le temps de réaction visuelle ni sur la ventilation au repos,
- Ni la VO₂max ni la ventilation à l'effort ne sont significativement influencées par le type de PIB,
- Il en est de même pour la force explosive qui n'est pas influencée.

Bien que le fait de porter une PIB n'augmente ni la force ni la puissance, il ne gêne cependant pas ventilation ni attention. (6)

Cependant, cette étude est menée sans calage mandibulaire car bouche ouverte. Elle n'a donc pas d'intérêt pour notre sujet.

- Chez 10 jeunes hommes, Garner mesure la production d'acide lactique pendant un effort. Le test consiste à réaliser un exercice de course sur tapis de 30 minutes. Les sujets sont porteurs de PIB thermoformables (plus épaisses au niveau des secteurs postérieurs) ou sans PIB. Mais il n'est pas demandé aux sujets de serrer les dents.

Les lactates sont mesurés par un analyseur de lactate sanguin.

En parallèle elle mesure l'ouverture de l'oropharynx avec ou sans orthèse par tomodynamométrie.

Elle objective une augmentation significative de la largeur moyenne de l'ouverture de l'oropharynx avec l'orthèse.

Elle constate également une diminution de la différence de sécrétion d'acide lactique avant et après exercice chez les sujets munis d'orthèse mais à un degré non significatif.

Selon elle, l'orthèse positionne la mandibule en avant, ce qui améliorerait l'ouverture des voies aériennes et donc la cinétique de l'oxygène. (25)

- D'autres travaux de Garner ont mesuré le taux de cortisol salivaire pendant un exercice intense d'une heure réalisé à deux reprises, à deux semaines d'intervalle. Et ce, avec orthèse thermoformable ou sans orthèse.

Pour cette étude, un panel de 28 joueurs de football est observé lors de leur entraînement.

Elle utilise un appareil de dosage immuno-enzymatique du cortisol salivaire.

Elle constate que 10 minutes après la fin de l'exercice, le taux de cortisol diminue avec le port de l'orthèse alors qu'il continue d'augmenter en l'absence d'orthèse. Un taux de cortisol élevé témoigne d'une moindre capacité à récupérer d'un exercice.

Elle explique que l'axe hypothalamo-hypophysaire active et libère le cortisol, cet axe est en partie régulé par un neuromédiateur, l'oxyde nitrique, synthétisé par les neurones du noyau para-ventriculaire de l'hypothalamus. Elle avance l'hypothèse selon laquelle le port de l'orthèse influencerait sur l'activité de l'axe hypothalamo-hypophysaire par l'activation du noyau paraventriculaire de l'hypothalamus. (26)

- Golem a étudié, chez 20 étudiants, athlètes habitués à porter des PIB dans leur sport respectif :
 - La puissance musculaire lors d'un exercice de développé couché. Il l'évalue grâce à la charge soulevée.
 - L'équilibre dynamique, mesuré à l'aide d'une plateforme,
 - Les valeurs de la souplesse sont relevées par un goniomètre et par une boîte « sit-and-reach box » et celles de l'agilité par le test de l'hexagone.

Il compare ensuite les résultats selon que ces sujets sont porteurs d'une orthèse du commerce, une orthèse sur-mesure augmentant la dimension verticale en abaissant la mandibule, d'une orthèse placebo (sans matériau au niveau des faces occlusales) ou sans orthèse. Il a été demandé aux sujets de mordre sur leur PIB.

Il n'observe pas de différence significative entre les groupes, mais seulement quelques différences de souplesse, les écarts restant cependant très faibles. Il n'observe pas non plus d'effet négatif, concluant donc que le port d'une orthèse n'entrave pas les performances. (27)

- Dans ses travaux, sur 20 sujets masculins, Jung mesure la capacité musculaire des fléchisseurs et extenseurs du genou. Quant au calage mandibulaire, il utilise lui davantage de variantes : orthèse maxillaire et orthèses à recouvrement partiel (antérieure de canine à canine, sur secteur prémolo-molaire côté droit, puis prémolo-molaire côté gauche), ces orthèses augmentant la dimension verticale de 2mm (obtenues par augmentation au niveau de la tige incisive de l'articulateur). Mais il n'a pas été spécifié aux sujets de serrer les dents.

Les paramètres observés ici sont :

- La force isocinétique et la puissance musculaire, évaluées à l'aide d'un appareil d'isocinétisme, lors de l'exécution de 5 flexions / extensions du genou,
- L'endurance musculaire, mesurée lors de 25 mouvements du genou.
- Et la performance anaérobie évaluée grâce à un vélo ergomètre lors du test de puissance de Wingate (effort maximal) et ce, pendant 30 secondes.

Il remarque qu'une orthèse qui augmente la dimension verticale de 2mm avec une occlusion équilibrée ne modifie pas les capacités musculaires des fléchisseurs et extenseurs du genou, ni les performances anaérobies.

En revanche, l'orthèse à recouvrement partiel (malgré une répartition inégale de la force occlusale) améliore la puissance et l'endurance musculaires. (33)

Enfin, quelques publications concernent des travaux réalisés pour comparer les effets respectifs du port de PIB sur-mesure versus PIB du commerce lors de certaines activités sportives.

- Lee, dans une étude portant sur 28 adultes coréens équipés de MORA (avec une contraction isométrique maximale des mâchoires) en occlusion de relation centrée (avec augmentation de dimension verticale de 3 mm sur la tige incisive de l'articulateur) ou sans orthèse, propose de mesurer l'activité EMG du masséter, de l'extenseur et du fléchisseur de l'avant-bras, ainsi que la force de la prise de main. L'activité de ces muscles sera mesurée main serrée en pince ou en crochet.

Les résultats font état d'une activité musculaire plus importante chez les sujets porteurs de MORA. La force de la prise en pince et en crochet est également plus élevée.

Son hypothèse est celle de l'existence d'une connexion étroite entre main et bouche, illustrée par leur proximité dans l'homonculus moteur.

De plus, selon l'auteur, le port d'une orthèse favorise l'activité des muscles temporaux et masséters tout en diminuant l'action de rétroaction inhibitrice des récepteurs membranaires parodontaux. (37)

- Dans une autre étude de Lee, incluant 20 jeunes coréens, l'auteur compare deux situations : porteurs d'un MORA également en occlusion centrée (avec augmentation de dimension verticale de 3 mm sur la tige incisive de l'articulateur) ou sans orthèse. Il leur demande de serrer les dents avec une force maximale. L'activité EMG des muscles SCM, érecteurs du rachis cervical et lombaire, chef supérieur du trapèze, biceps brachial, triceps brachial, muscle droit de l'abdomen, oblique interne et oblique externe est enregistrée.

Il constate que la contraction maximale de chaque muscle est significativement plus élevée quand le sujet porte le MORA.

Tout comme Bergamini et Fujimoto, il émet l'hypothèse qu'un bon alignement du corps augmente l'activation musculaire périphérique. Il évoque ce phénomène selon lequel l'occlusion modifie la posture de la tête et donc influence le centre de gravité. (38)

- Duarte-Pereira observe des paramètres d'efforts similaires à ceux requis en compétition chez 10 joueurs de rugby de même profil. Il compare ces données selon que le sportif est porteur de PIB du commerce, de PIB sur-mesure, ou bien sans PIB (référence). Il n'a pas été expressément demandé aux joueurs de serrer les dents. Les types d'exercices observés sont une série de sauts pendant 15 secondes et un squat sauté.

Les paramètres analysés sont :

- Des paramètres ventilatoires mesurées par un spiromètre,
- La hauteur des sauts, et le nombre de répétition, évalués par une plateforme.

Il ne constate pas de modification significative concernant le volume expiratoire maximum par seconde quel que soit le type de PIB utilisée, tout comme pour la capacité vitale forcée. Le débit expiratoire de pointe est significativement réduit pour les sujets porteurs des deux types de PIB.

La hauteur du saut répété est réduite chez les sujets avec PIB, mais la puissance du saut est conservée.

En parallèle, dans cette étude, une évaluation subjective a été effectuée à l'aide d'un questionnaire avec EVA : la PIB sur-mesure se révèle être plus confortable que celle du commerce. (14)

- Cetin étudie l'influence du port d'une PIB sur-mesure chez 21 athlètes de taekwondo. De nombreux paramètres sont évalués dans les gestes sportifs tels que sprint, saut, force de préhension de la main, force isométrique du bras et du dos :
 - Puissance anaérobie et capacité anaérobie sont relevées sur vélo ergométrique,

- Un dynamomètre enregistre la force isocinétique du quadriceps de la jambe dominante, la force de serrement de la main dominante et la force isométrique des muscles des jambes et du dos,
- Le saut vertical est mesuré par un jumpmètre,
- Des cellules photoélectriques évaluent le sprint.

Selon Cetin, il n'existe pas de différence significative quel que soit le geste sportif observé, que le sujet porte ou non la PIB. Cependant, il n'a pas demandé aux sportifs de serrer les dents.

En revanche, il observe une augmentation de la puissance lors du test anaérobie de Wingate (exploration fonctionnelle du métabolisme anaérobie dans le diagnostic de performance) ainsi qu'une augmentation du couple isocinétique des muscles ischio-jambiers lors du port de la PIB. (9)

- Dunn-Lewis, également, mesure plusieurs paramètres lors de différentes activités physiques chez 26 jeunes hommes et 24 jeunes femmes entraînés. Ces tests sont réalisés dans trois situations : sans PIB, avec PIB du commerce ou avec PIB sur-mesure. Il ne leur est pas demandé expressément de serrer les dents sur la PIB.

Dans chacune des situations les mesures sont faites sur :

- La souplesse (lors de l'étirement des chaînes postérieures, bras tendus, sujet en position assise) évaluée par une « sit-and-reach box »,
- L'équilibre latéral (sur un pied opposé à leur jambe dominante) sur une plateforme,
- Le saut vertical, également mesuré par la plateforme,
- Le sprint sur 10 mètres calculé par chronomètre,
- Le développé couché évalué par myotest (accéléromètre),
- La presse à cuisse enregistre puissance et explosivité.
- Rythme cardiaque,
- Temps de réaction visuelle,
- Evaluation de l'effort perçu par le sujet sur presse à cuisse grâce à un questionnaire avec EVA.

Ses constatations ne montrent pas de différences sur le rythme cardiaque, l'effort perçu, l'équilibre, le sprint, ni sur le temps de réaction visuelle.

En revanche, la force et la puissance lors du développé couché est plus importante avec le port du PIB sur-mesure. De même, la puissance développée lors de l'exercice de la presse à cuisse est supérieure (uniquement chez les hommes). Chez les hommes également, les auteurs révèlent une meilleure puissance dans le saut vertical. (16)

- Enfin, Keceçi a comparé 22 jeunes athlètes pratiquant le taekwondo, et équipés ou non de PIB sur-mesure. Son étude a porté sur la mesure de la consommation en oxygène : le VO₂max (grâce à un système portable d'analyse des gaz). Il leur fait réaliser le test navette de Luc Léger.

Selon ses conclusions, le port de l'orthèse sur-mesure ne modifie pas la performance aérobie de ces athlètes. Mais il ne demande pas aux sujets de serrer les dents sur la PIB. (35)

1.2. Recherche clinique appliquée au sport

Les publications suivantes concernent les effets du repositionnement mandibulaire appliqués à la pratique sportive.

1.2.1. Calage mandibulaire en occlusion dentaire

- Kimura a recruté 6 jeunes hommes ceinture-noire de karaté. Il a observé le mouvement balistique du membre supérieur du karatéka (identique au mouvement d'un boxeur mais sans impact) et l'activité EMG du muscle masséter, du SCM, du triceps, du biceps et du grand dorsal. Etude réalisée sans PIB, mâchoires serrées au maximum.

La vitesse du mouvement est appréciée par vidéo.

Il constate que l'activité du muscle masséter augmente en fonction de la vitesse du mouvement exécuté. Il ne note pas de corrélation entre la vitesse maximale du mouvement et la contraction maximale des muscles.

Il émet plutôt l'hypothèse selon laquelle il existe une « facilitation à distance » : la contraction d'un muscle à un endroit du corps facilite l'excitabilité de muscles à distance. (Delwaide & Tourouse 1980, 1981).

Il ajoute que la PIB n'est pas seulement nécessaire en prévention des traumatismes cranio-faciaux mais protège aussi la surcharge des ligaments parodontaux, et l'ATM de la force de contraction lors de l'exécution d'un geste. (36)

1.2.2. Calage mandibulaire avec orthèse

Les travaux sont donc réalisés chez des sujets qui seront équipés d'une PIB dans une position de repos myocentrée.

- Collares observe 40 joueurs de futsal de moins de 17 ans, et mesure, avec et sans PIB, deux paramètres :
 - Le VO₂max,
 - La distance parcourue lors du test navette.

Par ailleurs, il a évalué (à l'aide d'un questionnaire utilisant l'EVA), après 15 jours d'utilisation, le confort ressenti par le sportif.

Les auteurs concluent en l'absence de différence significative sur le VO₂max et sur la distance parcourue lors du test navette (sujet porteur ou non d'une PIB).

Il constate que 80% de ces joueurs étaient prêts à l'adopter lors de leur pratique sportive.

Cependant, il effectue son étude sans préciser aux sujets de serrer les dents.
(10)

- Duddy évalue 18 jeunes athlètes et compare les effets de deux types de PIB : du commerce ou sur-mesure de 4mm d'épaisseur, par rapport à un groupe contrôle (sans PIB) et ce, dans une étude croisée longitudinale. Mais sans préciser aux sujets de serrer les dents sur la PIB.

Trois activités sportives sont choisies :

- Trois efforts réalisés à puissance maximale sur un rameur ergométrique,
- Un test d'une minute sur le rameur,
- Une course de 1600 mètres chronométrée.

L'auteur constate que le port d'une PIB, qu'il soit du commerce ou réalisé sur-mesure, n'influence ni la performance ni la force développée lors du test d'une minute ou celui des 1600 mètres. Quant à l'exercice des trois efforts sur rameur, les résultats sont significativement meilleurs chez les sujets équipés d'une PIB sur mesure plutôt que de celui du commerce.

Par ailleurs, les athlètes trouvent la PIB sur-mesure confortable et n'altérant pas leur respiration. 61% d'entre eux sont prêts à l'adopter, notamment pour les exercices de force.

En revanche, la PIB du commerce a un léger effet négatif sur les performances athlétiques de ces jeunes gens qui l'ont trouvé inconfortable, parasitant leur ventilation. (15)

- Gage réalise une étude transversale prospective sur 24 haltérophiles. Il compare les effets du port de trois PIB : Power Balance, Under Armour (les deux thermoformables), PIB sur-mesure, à une situation de référence : pas de PIB. L'orthèse Power Balance est celle qui donne la plus grande dimension verticale, suivie de la PIB sur-mesure puis de l'Under Armour. Les athlètes doivent serrer les dents avec une force maximale. Il mesure l'activité EMG des masséters, muscles temporaux, SCM et muscles para-vertébraux cervicaux lors de la réalisation d'un épaulé-jeté à 75% de la puissance maximale. Les paramètres retenus sont :
 - L'activation des muscles mesurée par EMG,
 - La préférence de l'utilisateur évaluée par un questionnaire (avec EVA).

L'étude conclut que le port d'une PIB améliore de façon significative l'activation des muscles temporaux, masséters et SCM par rapport à l'absence de PIB (position non précisée). Il émet l'hypothèse selon laquelle l'amélioration résulte de la variation de la dimension verticale : les orthèses, en augmentant cette hauteur, repositionnent la mandibule, ce qui est censé éviter la surcharge des ATM et diminuer les signaux vasculaires et neurologiques aberrants venant du

système stomatognathique. Enfin, les participants se sentent plus à l'aise avec la PIB sur-mesure par rapport aux autres PIB. (22)

- Queiróz compare également l'influence du port de trois types de PIB : standard, thermoformables, et sur-mesure, chez 25 footballeuses.

Elle observe ces sportives lors de deux activités :

- Test d'agilité (test navette effectué avec ballon),
- Test de Cooper (parcourir la plus grande distance en 12 minutes).

Elle mesure VO₂max et capacité aérobie.

Elle observe une amélioration des performances lors du test de Cooper chez les participantes portant la PIB sur-mesure, et ne note pas d'altération dans les résultats du test d'agilité. Aucune athlète ne rapporte de difficultés ventilatoires avec le port de la PIB sur mesure, alors que pour 64% d'entre elles, les deux autres types d'orthèses perturbent leur ventilation. Cependant, cette étude est réalisée sans préciser aux footballeuses de serrer les dents sur la PIB. (54)

- Maurer s'est intéressé à l'influence, sur la vitesse de course de 30 joggeurs, du port d'une orthèse en quatre positions d'occlusion : relation centrée, myocentrique, intercuspitation maximale, et occlusion habituelle au repos.

Il analyse le mouvement de la course à pied (cinématique de la course) grâce à la stéréophotogrammétrie optoélectronique, en demandant aux sujets porteurs d'orthèse de mordre avec une force modérée.

Il ne note pas de différence quant à la vitesse de course quel que soit le type d'orthèse.

Il note cependant que la cadence de la course à pied est plus symétrique avec le port d'un orthèse. Or, une amélioration de la symétrie est souvent considérée comme bénéfique dans la prévention des blessures d'une part, et l'optimisation de la performance d'autre part.

Dans cette étude il évoque également l'implication du système fascial, du SNC, reliant les afférences (du système temporo-mandibulaire) avec les neurones efférents (actifs sur la posture du corps). (42)

- Egret a observé des paramètres de swing, chez 6 golfeurs professionnels, porteurs ou non de MORA augmentant la dimension verticale de 3 mm. Il leur fait réaliser une série de cinq swing.

Il mesure :

- La cinématique du swing grâce à la stéréophotogrammétrie optoélectronique,
- La vitesse de la balle de golf à l'aide d'un radar.

Il remarque que la cinématique du swing est la même, que les golfeurs portent une orthèse ou pas.

En revanche, la vitesse du swing, de même que celle de la balle, est plus régulière avec orthèse que sans orthèse. (18)

- Une autre étude réalisée sur 8 jeunes golfeurs professionnels par Pae compare elle, la vitesse du club de golf, et la distance du drive, selon que le sujet porte ou non une PIB sur-mesure avec des contacts postérieurs soit unilatéraux, soit bilatéraux.

Il leur demande de réaliser 10 drives et 10 putts.

Les paramètres mesurés sont :

- Vitesse moyenne de la tête et du club de golf,
- Distance parcourue par la balle de golf,
- Vitesse initiale de la balle,
- Précision du putt.

Il utilise pour cela les fonctions d'un simulateur de golf.

Il constate que vitesse du club et distance du drive augmentent significativement chez les sujets porteurs PIB sur-mesure.

La vitesse initiale de la balle et la précision du swing augmentent de façon non significative.

Si l'orthèse ne comporte que des contacts postérieurs unilatéraux, la vitesse du club et la distance du drive diminue significativement alors que la vitesse initiale de balle et la précision du swing ne sont pas significativement modifiées. (46)

Dans sa revue de la littérature, Roettger relève les articles concernant plus globalement l'évolution dans le temps des travaux réalisés dans ce domaine. Le concept selon lequel le port des PIB influence les performances humaines n'est pas nouveau. Récemment, la science explique de façon plus approfondie les liens entre orthèse buccale et amélioration de la performance. (56)

2. SYNTHÈSE

Ces quinze dernières années, de très nombreuses études se sont donc intéressées au rôle du port d'une PIB dans la pratique d'un geste sportif, d'un sport. (Tableau 1)

Ces travaux, pour la plupart, ont globalement retenu les mêmes critères d'inclusion des participants, à savoir :

- Sujet volontaire en bonne santé, principalement des jeunes hommes adultes, en grande majorité sportif (et sportif entraîné dans les études appliquées au sport),
- Examen préalable par un dentiste, Il est à noter cependant la grande variabilité du nombre des critères d'inclusion entre les études, certaines plus exhaustives que d'autres. (sujets en bonne santé, ne présentant pas de trouble de l'ATM, pas d'interférence occlusale, pas de dent absente, etc.),

L'échantillon de la majorité des études et plutôt restreint, plus des deux tiers des travaux ont un nombre de participants inférieur à 30.

Les études réalisées dans la relation appareil manducateur – posture utilisent pour la plupart une plateforme (oscillation du corps et répartition du poids), un EMG, plus rarement une étude du mouvement.

Quant aux études réalisées dans la relation appareil manducateur et geste sportif (avec ou sans PIB), les paramètres mesurés sont très variables :

- Force et puissance sont évaluées dans la grande majorité des cas,
- Le VO₂max a un intérêt pour certains,
- Et le questionnaire évaluant le confort ressenti avec la PIB (EVA) est régulièrement retrouvé.

Comme Manfredini, nous soulignons le faible nombre d'études prospectives, plus difficiles à mettre en place (40).

Que les études portent sur le rôle joué par l'occlusion dentaire simple ou avec le port d'une PIB, peu d'auteurs mentionnent s'ils ont demandé ou non aux participants de serrer les mâchoires, ce qui paraît être toutefois une limite importante de ces études.

De nombreux auteurs effectuent leurs mesures en utilisant des orthèses avec élévation de la dimension verticale. Cependant, la plupart réalisent cette augmentation sur la tige incisive de l'articulateur et non en bouche, ce qui n'est donc pas physiologique. (2)(33)(37)(38)(46)

Par ailleurs, pour les études effectuées en occlusion dentaire, sans PIB, l'intervention de nocicepteurs desmodontaux ne permettra pas une occlusion avec une force maximale. (8)(21)(24)(57)(58)

Tableau 1 : Synthèse

	Matériel et méthode	Etudes réalisées sans orthèse	Etudes réalisées avec orthèse	Résultats
Appareil manducateur et posture	<ul style="list-style-type: none"> . 80% des études comportent moins de 30 sujets . Sujets volontaires . <u>Matériel utilisé / paramètres mesurés</u> : plateforme (oscillation du corps et répartition du poids) EMG (activité musculaire) stéréophotogrammétrie optoélectronique (mouvement) système hydrostatique (force occlusale) Tscan (analyse numérique de l'occlusion) mesure ultrasonique (analyse du mouvement du rachis) téléradiographie de profil 	<ul style="list-style-type: none"> . <u>Différentes positions d'occlusion et posture</u> : Baldini (2013a et b), Bracco, Hellmann (2015 et 2011), Perinetti (2006) . <u>Occlusion parasitée et posture</u> : Decocq, Marini, Tardieu . <u>Chaines myofasciales et posture</u> : Cuccia (2011), Hellmann (2015) . <u>Afférences trigéminales et posture</u> : Gangloff (2002), Julia-Sanchez (2015 et 2016) . <u>Réflexe H et posture</u> : Takada, Takahashi 	<ul style="list-style-type: none"> . <u>Orthèse versus sans orthèse</u> : Mizumachi, Oie, Sforza . <u>Orthèse modifiant la position mandibulaire</u> : Bergamini, Fujimoto, Gangloff (2000), Ohlendorf, Ringhof, Sakaguchi 	<ul style="list-style-type: none"> . Relation occlusion - posture sans orthèse : . Effet positif pour : Baldini (2013a et b), Bracco, Cuccia (2011), Decocq, Gangloff (2002), Hellmann (2011) (uniquement en occlusion contrôlée), Julia-Sanchez (2015 et 2016), Perinetti (2006), Takada, Takahashi, Tardieu (dans certaines conditions). . Sans effet pour : Hellmann (2015) et Marini. . Relation occlusion - posture avec orthèse : . Effet positif pour : Bergamini, Fujimoto, Gangloff (2000), Oie, Ohlendorf (mais reste critique sur son protocole), Ringhof, Sakaguchi. . Sans effet pour : Mizumachi, Sforza.
Appareil manducateur et geste sportif	<ul style="list-style-type: none"> . 90% des études comportent moins de 30 sujets . Sujets volontaires tous sportifs . <u>Matériel utilisé / paramètres mesurés</u> : dynamomètre (force isocinétique) vélo ergométrique (puissance) cellule photoélectrique (vitesse) système de détection optique (force et puissance) jumpmètre (mesure du saut vertical) test navette Léger et Lambert (VO2max) myotest (force et puissance) TDM (mesure de l'oropharynx) examens biologiques (lactates, cortisol salivaire) système portable d'analyse de gaz (VO2max) spiromètre (EFR) questionnaire avec EVA (confort perçu) goniomètre (souplesse) test de l'hexagone (agilité) temps de réaction visuel 		<ul style="list-style-type: none"> . <u>Avec ou sans orthèse du commerce</u> : Ebben, Garner (2009 et 2011) . <u>Avec ou sans orthèse sur mesure</u> : Buscà, Cetin, Keçeci, Lee (2013 et 2014) . <u>Avec orthèse sur-mesure avec variation de la dimension verticale</u> : Ahn, Jung, Naretto . <u>Orthèse du commerce / orthèse sur-mesure</u> : Bourdin, Dunn-Lewis, Golem, Duarte-Pereira 	<ul style="list-style-type: none"> . Influence positive sur tous les paramètres mesurés pour : Ahn, Buscà, Ebben, Garner (2009 et 2011), Jung, Lee (2013 et 2014), Naretto. . Influence sur certains paramètres mesurés pour : Cetin, Dunn-Lewis. . Pas d'influence sur les paramètres mesurés pour : Bourdin, Golem, Keçeci. . Influence négative sur certains paramètres mesurés pour : Duarte-Pereira.
Recherches cliniques appliquées au sport	<ul style="list-style-type: none"> . 90% des études comportent moins de 30 sujets . Tous les sujets sont des sportifs très entraînés . <u>Matériel utilisé / paramètres mesurés</u> : EMG (activité musculaire) test navette (VO2max) test de Cooper (VO2max) vidéo (vitesse du mouvement) questionnaire avec EVA (confort perçu) stéréophotogrammétrie optoélectronique (mouvement) radar (vitesse balle de golf) simulateur de golf rameur ergométrique 	<ul style="list-style-type: none"> . Kimura (karaté) 	<ul style="list-style-type: none"> . Collarès (futsal) . Duddy (rameur) . Egret (golf) . Gage (haltérophilie) . Maurer (jogging) . Queiroz (football) . Pae (golf) 	<ul style="list-style-type: none"> . <u>Sans PIB</u> : . Kimura émet l'hypothèse d'une facilitation à distance. . <u>Avec PIB</u> : . Amélioration de tous les paramètres mesurés pour : Gage et Queiroz. . Amélioration de certains paramètres et sans influence sur d'autres pour : Duddy, Egret, Maurer et Pae . Sans amélioration sur les paramètres mesurés pour : Collarès. . Pour Collarès, Duddy et Gage, la PIB sur mesure est ressentie comme confortable par la majorité des sportifs. (confort non évalué par les autres auteurs).

Dans ces publications, plusieurs auteurs émettent des hypothèses quant au mécanisme d'influence de l'appareil manducateur (avec ou sans PIB) sur la posture ou l'exécution d'un geste sportif :

- Ainsi, certaines études révèlent le rôle des afférences trigéminales (du système stomatognathique et visuel) sur la posture (23)(24)(31)(41)(51)(57), ou le geste sportif. (33)(42) D'autres évoquent plus précisément l'implication des récepteurs parodontaux, innervés par le nerf trijumeau. (12)(23)(31)(57)(60)
- D'autres auteurs se sont intéressés au rôle de la communication par le système fascial, au travers des chaînes myofasciales. (11)(12)(28)(42)
- Quelques études (36)(59)(60) évoquent le phénomène de facilitation à distance, plus précisément décrit par Takada et Takahashi au niveau du réflexe H.
- La participation d'éléments du SNC est aussi parfois évoquée. (26)(33)(42)(44)(56)

La grande majorité des travaux conclut à une relation entre le système manducateur et la posture ou l'exécution d'un geste, ceci à travers les résultats d'observation. En effet, si nous connaissons depuis longtemps que la réalisation d'efforts intenses au niveau des membres entraîne une contraction des muscles masticateurs, ce n'est que plus récemment que l'effet inverse a été observé. C'est ce qu'ont cherché à révéler les nombreux travaux cités précédemment dans notre revue de la littérature. La contraction des muscles masséters provoque une modification du réflexe H des muscles agissant sur la cheville (59) et l'intensité de la contraction des muscles masséters est directement liée à la vitesse d'un coup de poing (36).

Ainsi :

- Les PIB sur-mesure sont plus confortables pour le sujet,
- Les mesures des paramètres posturaux sont meilleures (réduction de l'aire d'oscillation du corps, activation plus rapide des muscles participant au maintien de la posture),
- Et dans la plupart des cas le geste sportif est décrit comme optimisé.

Cependant, plusieurs auteurs soulignent la qualité méthodologique insuffisante pour établir une réelle relation de cause à effet. (43)(47)

Il est donc vraisemblable que le fait de mordre sur une PIB améliore, dans une certaine mesure, les performances d'un sportif.

Cependant, si la PIB est peu ou mal adaptée, son utilisation peut altérer l'activité du sportif ou son geste en modifiant sa posture. Pour certains auteurs, elle perturberait en particulier leur ventilation. (6)(14)(15)(25)

Il paraît donc indispensable de proposer un modèle de PIB palliant ces inconvénients.

Dans ce domaine, depuis plusieurs années, les travaux de recherche effectués à l'Université de Bordeaux ont déjà montré l'intérêt d'un nouveau modèle de PIB réalisée sur mesure pour :

- Favoriser la ventilation buccale lorsque le sportif est mâchoires serrées,
- Ne pas perturber le confort du sportif,
- Favoriser le maintien de la tête et du cou par la participation des muscles de la chaîne hyoïdienne (élément participant à la limitation des commotions cérébrales et des traumatismes du rachis cervical).
- Participer à l'absorption de l'énergie d'impact.

Et dans la revue de la littérature, la majorité des publications s'accorde pour constater que c'est en position de repos myocentrée que la PIB est la mieux supportée par les sportifs.

En ce qui concerne la pratique de la boxe, le port de la PIB est obligatoire à l'entraînement comme en compétition. Nous pouvons considérer la PIB comme une orthèse de repositionnement mandibulaire à destination de prévention de la traumatologie buccodentaire.

La performance d'un boxeur est liée à la qualité de la technique de son direct (vitesse, force d'impact, etc.). Porter un direct avec la meilleure précision possible et une puissance maximale afin de transférer un maximum d'énergie à l'adversaire nécessite une excellente coordination des segments corporels et des synergies appropriées.

A partir des éléments issus de la revue de la littérature, nous pouvons émettre l'hypothèse d'une amélioration de la performance du boxeur lors du port d'une PIB mâchoires serrées.

Ainsi, l'étude que nous proposons a pour objectif d'analyser les répercussions d'un calage mandibulaire par une PIB sur les performances du boxeur dans la précision et la puissance du direct.

**II. ETUDE DES EFFETS DU PORT D'UNE PROTECTION
INTRA-BUCCALE SUR LA PUISSANCE ET LA PRECISION
D'UN COUP DE POING EN SPORTS DE COMBAT**

ETUDE PIBPERF

1. MATERIEL ET METHODE

Nous avons souhaité tester l'influence du calage mandibulaire par une PIB sur la réalisation d'un direct appliqué à un sac d'entraînement. La performance réalisée au cours de ce mouvement a été évaluée d'abord sans PIB puis avec PIB. Cette recherche a été effectuée à l'INSEP dans les conditions d'entraînement.

Schéma de l'étude

Etude physiologique, monocentrique incluant des sujets majeurs et mineurs sains, hommes ou femmes, volontaires.

Critères d'Éligibilité

Critères d'inclusion :

- Sujet âgé de 17 à 35 ans,
- Sujet affilié à un régime de sécurité sociale,
- Sujet en possession d'une licence de la Fédération Française de Boxe ou de la Fédération Française de Sport de Contact et de Disciplines Associées en cours de validité,
- Sujet ayant signé le formulaire de consentement libre et éclairé,
- Pour les sujets mineurs, formulaire de consentement libre et éclairé signé par un représentant légal et le mineur

Critères de non inclusion :

- Sujet sous sauvegarde de justice,
- Sujet en période de grossesse.

Modalités d'identification des sujets

Les sujets ont été recrutés auprès de la Fédération Française de Boxe et de la Fédération Française de Sports de Contact et Disciplines Associées.

PIB sur mesure

Pour chaque sujet, une PIB sur mesure a été réalisée conformément à la procédure clinique et décrite par Poisson et Bana (53). Un examen clinique buccodentaire a été effectué et les sujets recevaient, avant inclusion et si nécessaire, des soins buccodentaires (45). Une empreinte à l'alginat des arcades dentaires maxillaire et mandibulaire a été effectuée prenant en compte le fond du vestibule. Les modèles dentaires ont ensuite été réalisés et une cire d'enregistrement a été adaptée sur le modèle maxillaire. La position temporo-mandibulo-maxillaire a été enregistrée par la cire spécifique à l'aide d'une méthode de relaxation (19). Les PIB sur mesure ont été confectionnées en copolymère de polyéthylène et d'acétate de polyvinyle à l'aide d'une technique injectée : la machine à injecter était la J100

Evolution (Pressing Dental, Euromax, Monaco), cartouche de PVAc-PE de corflex orthodontics (Pressing Dental, Euromax, Monaco) injecté à 160°C pendant 15 minutes conformément aux recommandations du fournisseur. Les PIB sur mesure étaient ensuite essayées sur les sujets et enfin ajustées.



Photo 1 : PIB sur mesure en articulateur.

Energie d'impact et précision des coups

Un accéléromètre 3D fixé à la partie inférieure du sac a servi à mesurer les paramètres du déplacement de ce dernier ce qui a permis d'évaluer la puissance transmise au sac, ainsi que la précision du coup. Le sac était monté sur une barre, elle-même reliée à une potence par une double rotule.

Protocole expérimental

Le sujet sportif était debout face au sac d'entraînement, un pied sur chaque plateforme (Figure 1). Il avait comme consigne de porter le coup sur la cible avec le maximum de précision et de puissance. Il devait faire une courte période d'échauffement afin de trouver sa position préférée pour le but recherché, ce qui permettait d'ajuster la position du sac. A la fin de cette période les positions des pieds étaient tracées sur les plateformes et le sujet devait reprendre avant chaque coup, cette même position et une même posture.

Trois séries de dix coups devaient être réalisées :

- Série A : avec port de la PIB en serrant au maximum les mâchoires sur la protection. La position mâchoires serrées du sujet a été contrôlée visuellement par le même opérateur pour l'ensemble des sujets testés.
- Série B : sans PIB ni consigne particulière sur la force d'occlusion, c'est à dire une position temporo-mandibulo-maxillaire de repos pour le sujet,
- Série C : sans PIB mais avec la consigne de serrer les mâchoires au maximum en évitant toutefois toute gêne ou douleur. La position en occlusion du sujet a été contrôlée visuellement par le même opérateur pour l'ensemble des sujets testés.

Chaque série était précédée d'une période de pré-conditionnement de 5 min et l'ordre des séries était défini de façon aléatoire.

Cette recherche a été effectuée dans les conditions d'entraînement, elle n'entrait donc pas dans le cadre d'une recherche biomédicale, ce qui a été confirmé par l'avis du Comité de Protection des Personnes (CPP).

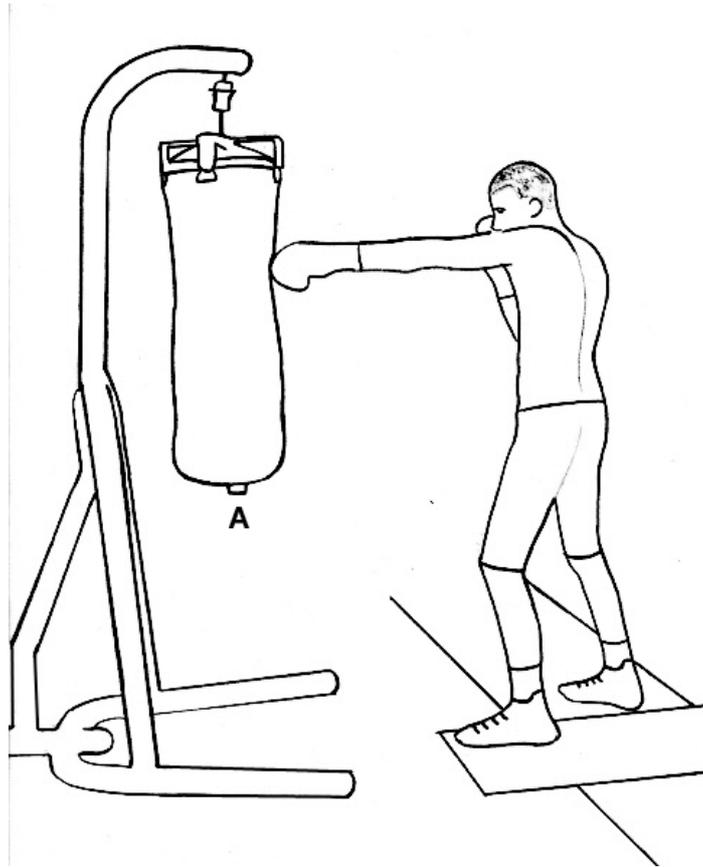


Figure 1 : Position du boxeur lors d'un direct bras avant. (**A** : Accéléromètre)

Pour chaque sujet, la différence de l'angle de déplacement du sac entre les deux séries et le pourcentage d'augmentation de la vitesse de déplacement du sac entre deux séries ont été calculées.

Deux comparaisons ont été effectuées :

Comparaison 1 : Série A et série B, pour évaluer l'effet du calage mandibulaire

Comparaison 2 : Série A et série C, pour évaluer l'effet de la PIB lors du calage mandibulaire.

Statistiques : Description et comparaison des données avec le logiciel Statistica v10 (StatSoft, Inc., Tulsa, USA), Pour un sujet, les moyennes et les écarts types de l'angle et de la vitesse de déplacement du sac seront calculés en utilisant les enregistrements des dix coups d'une même série. Des tests sur séries appariées (Test Wilcoxon) ont permis de comparer ces moyennes entre 2 séries de coups.

2. RESULTATS

L'analyse des données a concerné 32 sujets hommes et femmes, majeurs et volontaires, sportifs de haut niveau pratiquant des sports de combat : 16 athlètes de boxe anglaise, 16 athlètes de kick-boxing, 4 filles et 28 garçons, avaient un âge moyen de 24,97 ans (ET 5,32). Le groupe des 16 pratiquants de boxe anglaise (4 filles et 12 garçons) avaient un âge moyen de 21,54 ans (ET 3,77), Le groupe des 16 pratiquants de kick-boxing (16 garçons) avaient un âge moyen de 28,40 ans (ET 4,37).

Angle de déplacement du sac

Quel que soit le groupe de sportifs (boxe anglaise ou kick-boxing) ainsi que les séries comparées, il n'y avait pas de différence significative de l'angle de déplacement du sac de frappe (Tableau 2).

Tableau 2 : Moyenne des différences de l'angle de déplacement du sac entre deux séries

Direct	Comparaison	Boxe anglaise	Kick-boxing
Bras avant	1	-1,03 % *	-0,94 % *
Bras arrière	1	1,61 % *	-0,90 % *
Bras avant	2	-0,55 % *	1,37 % *
Bras arrière	2	1,26 % *	0,55 % *

* p non significatif

Vitesse de déplacement du sac

Quelle que soit les situations comparées et la technique de boxe, le port de la PIB montre une augmentation de la moyenne de la vitesse de déplacement du sac (de 2,28% à 20,35%). (Tableau 3)

Cependant, pour la boxe anglaise, cette augmentation est significative pour la technique du direct bras avant en comparaison avec la position de repos ou avec la position mâchoires serrées sans PIB (respectivement 16,90% et 20,35%). Pour le direct bras arrière, l'augmentation de la moyenne de la vitesse du sac n'est

significative que lorsque le port de la PIB est comparé avec la position de repos (8,11%).

Pour le kick-boxing, le port de la PIB ne produit une augmentation significative de la moyenne de la vitesse du sac qu'en comparaison avec la position de repos (11,40%).

Tableau 3 : Moyenne de l'augmentation de la vitesse du sac entre deux séries en fonction du direct

Direct	Comparaison	Boxe anglaise	Kick-boxing
Bras avant	1	16,90 % *	9,99 %
Bras arrière	1	8,11 % **	11,40 % ***
Bras avant	2	20,35 % ****	7,03 %
Bras arrière	2	2,28 %	3,69 %

* p=0,006, ** p=0,023, *** p=0,02, **** p=0,003

3. DISCUSSION

Ces travaux ont montré dans les deux groupes de sportifs (boxe anglaise / kick-boxing) que le port de la PIB augmente de façon significative la performance du direct par rapport à la position mâchoires serrées sans PIB ou la position bouche ouverte (position de repos).

Groupes de boxeurs

Nous pouvons discerner deux groupes de boxeurs : pour la boxe anglaise, un groupe expert de la technique de poings tel que le direct et pour le kick-boxing, un groupe de sportifs entraînés pratiquant des techniques de poings comme de pieds, les résultats concernant l'angle de déplacement du sac montrent une bonne répétitivité des coups. L'homogénéité de ces résultats, quelles que soient les séries, témoigne de sportifs de haut niveau qui maîtrisent leur technique de boxe.

Effets du port de la PIB

Rappelons que la grande majorité des publications citées dans la partie 1 (2)(3)(4)(5)(7)(8)(11)(13)(17)(21)(22)(23)(24)(25)(26)(29)(31)(32)(33)(37)(38)(46)(47)(48)(51)(54)(55)(57)(59)(60)(61) a conclu à l'influence positive du calage mandibulaire ou du port d'une PIB sur la posture ou le geste sportif. Comme dans notre étude, certaines d'entre elles ont comparé l'influence d'une PIB sur une performance sportive dans les mêmes conditions : port de PIB, sans PIB avec mâchoires serrées ou au repos. (8)(37)(38) Les résultats de ces auteurs sont en adéquation avec nos résultats : la performance du geste sportif est optimisée par le port de la PIB versus mâchoires serrées ou au repos. Ce qui différencie cependant ces études de travail est dans le choix des participants. Pour Buscà et al (8) et les deux travaux de Lee et al (37)(38), les sujets sont de jeunes adultes en forme, alors que dans notre étude, nous avons opté pour le choix de sportifs de haut niveau, effectuant un geste (coup de poing direct) bien spécifique à leur sport (boxe anglaise et kick-boxing).

La position mâchoires serrées nous a paru être un paramètre important à intégrer dans les travaux, en raison de l'existence et du rôle des récepteurs desmodontaux. La force de contraction des mâchoires sur la PIB pourra être plus élevée qu'avec des contacts dento-dentaires, car moins parasitée par la nociception transmise par ces récepteurs. Plusieurs études ont montré le rôle joué par le nerf trijumeau (dont les afférences proviennent de ces récepteurs desmodontaux) dans la relation entre le calage mandibulaire et la posture ou le geste sportif. (12)(23)(24)(31)(41)(51)(57)(60) Ce qui nous a également conforté dans le choix d'intégrer cette position mâchoires serrées dans les travaux.

Notre revue de la littérature a montré que dans la grande majorité des cas où la question a été posée aux participants, le paramètre ventilation n'a pas été perturbé par le port de la PIB. (6)(15)(54) Pour Duarte-Pereira et al., le VEMS est conservé. (14)

Les auteurs ayant réalisé des travaux sur des sportifs de haut niveau ont noté, dans la grande majorité des cas, que les sujets étaient prêts à adopter la PIB sur mesure dans leur pratique sportive. (10)(15)(22)

Incitation au port de la PIB

Ces notions de protection, de confort et d'amélioration de la performance sportive assurées par le port d'une PIB sont autant d'éléments qui devraient inciter un sportif de haut niveau, pratiquant un sport de contact, à l'adopter à l'entraînement, comme en compétition. D'autant plus pour la boxe anglaise amateur avec l'utilisation de la scoring machine lors des compétitions. En effet, cet outil qui permet aux juges de comptabiliser les points lors d'un combat impose une prise en compte des coups les plus précis et puissants. Dans notre étude, ces critères apparaissent améliorés avec le port d'une PIB mâchoires serrées.

▪ **Sports à risque où la PIB est obligatoire :**

- Le gain apporté par le port de la PIB en position mâchoires serrées impose de maintenir une capacité de ventilation buccale mâchoires serrées du boxeur. En effet, à partir d'un effort supérieur à 50 % VMA (vitesse maximale aérobie) qui correspond à un volume expiré de 30 à 40 l/min, la ventilation nasale devient insuffisante, une suppléance buccale s'impose. (20)
- La ventilation doit se faire mâchoires serrées et non bouche ouverte pour éviter le risque de traumatisme mandibulaire (effet mandibule projectile).
- Le calage mandibulaire apporte un réel intérêt car il participe au maintien de l'équilibre postural avec des répercussions sur la précision du geste technique et la puissance.

▪ **Sport à risque où la PIB est conseillée** (rugby, handball, basketball) :

Le sportif est à la recherche constante de la performance. Ainsi, le premier levier pour inciter le sportif à porter une PIB lors de sa pratique sportive sera la contribution du calage mandibulaire à la performance du geste technique. Le deuxième point important sera la prévention de la traumatologie.

▪ **Sport à faible risque de trauma** (golf, tir à l'arc, tir sportif...) :

Le port d'une gouttière de repositionnement mandibulaire sera intéressant pour l'amélioration de la performance par maintien de l'équilibre postural.

Par ailleurs, il existe un lien non négligeable avec la prévention de la maladie buccodentaire, car le port de la PIB se fait sous la condition d'un suivi buccodentaire adapté. La mise en place du port de la PIB est également un moyen d'aborder l'organisation d'une hygiène buccodentaire adaptée à l'hygiène alimentaire du sportif (boissons énergétiques, compléments alimentaires).

BIBLIOGRAPHIE

- (1) American Dental Association. Using mouthguards to reduce the incidence and severity of sports-related oral injuries. *JADA*. 2006 Dec;137(12):1712-20.
- (2) Ahn SJ, Lee Sungbok R, Lee SW. Effect of increase in occlusal vertical dimension on appendage muscle strength. *J Dent Rehabil Appl Sci*. 2010;26(2):169-178.
- (3) Baldini A, Nota A, Tripodi D, Longoni S, Cozza P. Evaluation of the correlation between dental occlusion and posture using a force platform. *Clinics*. 2013a;68(1):45-9.
- (4) Baldini A, Nota A, Cravino G, Cioffi C, Rinaldi A, Cozza P. Influence of Vision and Dental Occlusion on Body Posture in Pilots. *Aviat Space Environ Med*. 2013b;84:823-7.
- (5) Bergamini M, Pierleoni F, Gizdulich A, Bergamini C. Dental occlusion and body posture: A surface EMG study. *Cranio*. 2008 Jan;26(1):25-32.
- (6) Bourdin M, Brunet-Patru I, Hager P et al. Influence of maxillary mouthguards on physiological parameters. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(8):1500-4.
- (7) Bracco P, Deregibus A, Piscetta R. Effects of different jaw relations on postural stability in human subjects. *Neurosci Lett*. 2004;356(3):228-30.
- (8) Buscà B, Morales J, Solana-Tramunt M, Miró A, García M. Effects of jaw clenching while wearing a customized bite-aligning mouthpiece on strength in healthy young men. *J Strength Cond Res*. 2015;30(4):1102-10.
- (9) Cetin C, Keçeci AD, Erdogan A, Baydar ML. Influence of custom-made mouth guards on strength, speed and anaerobic performance of taekwondo athletes. *Dent Traumatol*. 2009;25:272-6.
- (10) Collares K, Correa MB, Silva IC, Hallal PC, Demarco FF. Effect of wearing mouthguards on the physical performance of soccer and futsal players: a randomized cross- over study. *Dent Traumatol*. 2014 Feb;30(1):55-9.
- (11) Cuccia AM. Interrelationships between dental occlusion and plantar arch. *J Bodyw Mov Ther*. 2011 Apr;15(2):242-50.
- (12) Cuccia A, Caradonna C. Relationship between the stomatognathic system and body posture. *Clinics*. 2009 Jan;64(1):61-6.
- (13) Decocq P, Sequeira H, Bocquet E, Honoré J, Somesthésie mandibulaire et posture anti-gravitaire : étude stabilométrique des effets de cales de désocclusion. *Neurophysiol Clin*. 2014 Nov;44(5):507-8.
- (14) Duarte-Pereira DM, Del Rey-Santamaria M, Javierre-Garces C et al. Wearability and physiological effects of custom-fitted vs self-adapted mouthguards. *Dent Traumatol*. 2008;24(4):439-42.

- (15) Duddy FA, Weissman J, Lee RA, Paranjpe A, Johnson JD, Cohenca N. Influence of different types of mouthguards on strength and performance of collegiate athletes: a controlled- randomized trial. *Dent traumatol.* 2012;28(4):263-7.
- (16) Dunn-Lewis C, Luk H, Comstock BA et al. The effects of a customized over-the-counter mouth guard on neuromuscular force and power production in trained men and women. *J Strength Cond Res.* 2012 26(4):1085-93.
- (17) Ebben WP, Flanagan EP, Jensen RL. Jaw clenching results in concurrent activation potentiation during the countermovement jump. *J Strength Cond Res.* 2008;22(6):1850-4.
- (18) 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.* 2002;23(2):148-52.
- (19) Ekfeldt A, Jemt T, Mansson L. Interocclusal distance measurement comparing chin and tooth reference points. *J Prosthet Dent* 1982;47:560-3.
- (20) Francis KT, Brasher J. Physiological effects of wearing mouhguards. *Br Sports Med* 199;25:227-31.
- (21) Fujimoto M, Hayakawa L, Hirano S, Watanabe I. Changes in gait stability induced by alteration of mandibular position. *J Med Dent Sci.* 2001;48(4):131-6.
- (22) Gage CC, Huxel Bliven KC, Bay RC, Sturgill JS, Park JH. Effects of mouthguards on vertical dimension, muscle activation, and athlete preference: a prospective cross-sectional study. *Gen Dent.* 2015;63(6):48-55.
- (23) Gangloff P, Perrin PP. Unilateral trigeminal anaesthesia modifies postural control in human subjects. *Neurosci Lett.* 2002;330(2)179-82.
- (24) Gangloff P, Louis JP, Perrin PP. Dental occlusion modifies gaze and posture stabilization in human subjects. *Neurosci Lett.* 2000;293(3):203-6
- (25) Garner DP, McDivitt EJ. Effects of mouthpiece use on airway openings and lactate levels in healthy college males. *Compend Contin Educ Dent.* 2009;30:9-13.
- (26) Garner DP, Dudgeon WD, McDivitt EJ. The effects of mouthpiece use on cortisol levels during an intense bout of resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 2011;25(10):2866-71.
- (27) Golem DL, Arent SM. Effects of over-the-counter jaw- repositioning mouth guards on dynamic balance, flexibility, agility, strength, and power in college-aged male athletes. *J Strength Cond Res.* 2015;29(2):500-12.
- (28) Hellmann D, Stein T, Potthast W, Rammelsberg P, Schindler HJ, Ringhof S. The effect of force-controlled biting on human posture control. *Hum Mov Sci.* 2015;43:125-37.
- (29) Hellmann D, Giannakopoulos NN, Blaser R, Eberhard L, Schindler HJ. The effect

- of various jaw motor tasks on body sway. *J Oral Rehabil.* 2011;38(10):729-36.
- (30) Hill AB. The environment and disease: association or causation? *Proc R Soc Med.* 1965;58(5):295-300.
- (31) Julià-Sánchez S, Álvarez-Herms J, Gatterer H, Burtscher M, Pagès T, Viscor G. Dental occlusion influences the standing balance on an unstable platform. *Motor Control.* 2015;19(4):341-54.
- (32) Julià-Sánchez S, Álvarez-Herms J, Gatterer H, Burtscher M, Pagès T, Viscor G. The influence of dental occlusion on the body balance in unstable platform increases after high intensity exercise. *Neurosci Lett.* 2016;617:116-21.
- (33) Jung JK, Chae WS, Lee KB. Analysis of the characteristics of mouthguards that affect isokinetic muscular ability and anaerobic power. *J Adv Prosthodont.* 2013;5(4):388-95.
- (34) Knapik JJ, Marshall SW, Lee RB et al. Mouthguards in sport activities: history, physical properties and injury prevention effectiveness. *Sports Med* 2007;37(2):117-44.
- (35) Keçeci AD, Cetin C, Eroglu E, Baydar ML. Do custom-made mouth guards have negative effects on aerobic performance capacity of athletes? *Dent Traumatol.* 2005;21(5):276-80.
- (36) Kimura K, Murakami H, Yamamoto M, Yokoyama T, Morita T, Ito Y. Velocity dependent EMG activity of masseter and sternocleidomastoideus muscles during a ballistic arm thrusting movement. *Hum Mov Sci.* 2007; 26(1):48-67.
- (37) Lee SY, Park YJ, Park HM et al. Effect of the mandibular orthopedic repositioning appliance (MORA) on forearm muscle activation and grasping power during pinch and hook grip. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(2):195-7.
- (38) Lee SY, Hong MH, Park MC, Choi SM. Effect of the mandibular orthopedic repositioning appliance on trunk and upper limb muscle activation during maximum isometric contraction. *J Phys Ther Sci.* 2013;25(11):1387-9.
- (39) Maeda Y, Kumamoto D, Yagi K, Ikebe K. Effectiveness and fabrication of mouthguards. *Dent Traumatol.* 2009;25(6):556-64.
- (40) Manfredini D, Castroflorio T, Perinetti G, Guarda-Nardini L. Dental occlusion, body posture and temporomandibular disorders: where we are now and where we are heading for. *J Oral Rehabil.* 2012;39(6):463-71.
- (41) Marini I, Gatto MR, Bartolucci ML, Bortolotti F, Alessandri Bonetti G, Michelotti A. Effects of experimental occlusal interference on body posture: an optoelectronic stereophotogrammetric analysis. *J Oral Rehabil.* 2013;40(7):509-18.
- (42) Maurer C, Stief F, Jonas A et al. Influence of the lower jaw position on the running pattern. *PloS one.* 2015 Aug;10(8):e0135712.
- (43) Michelotti A, Buonocore G, Manzo P, Pellegrino G, Farella M. Dental occlusion

- and posture: an overview. *Prog Orthod*. 2011;12(1):53-8.
- (44) Mizumachi M, Sumita Y, Ueno T. Effect of wearing a mouthguard on the vestibulocollic reflex. *J Sci Med Sport*. 2008;11(2):191-7.
- (45) Muller M, Bolla M, Garuet A. Mécanismes et facteurs de risque des traumatismes oraux des sportifs. *Actua Odont Stom* 1997;1997:583-92.
- (46) Naretto S, Slavicek R. Instrumental assessment of body performance related to occlusion. *Stomatologie*. 2004;101(3):47-53.
- (47) Ohlendorf D, Seebach K, Hoerzer S, Nigg S, Kopp S. The effects of a temporarily manipulated dental occlusion on the position of the spine: a comparison during standing and walking. *Spine J*. 2014;14(10):2384-91.
- (48) Oie E, Horiuchi M, Soma K. Effects of occlusal contact and its area on gravity fluctuation. *Angle Orthod*. 2010;80(3):540-6.
- (49) Pae A, Yoo RK, Noh K, Paek J, Kwon KR. The effects of mouthguards on the athletic ability of professional golfers. *Dent Traumatol*. 2013 Feb;29(1):47-51.
- (50) Perinetti G, Turp JC, Primožic J, Di Lenarda R, Contardo L. Associations between the masticatory system and muscle activity of other body districts. A meta-analysis of surface electromyography studies. *J Electromyogr Kinesiol*. 2011; 21(6):877–884.
- (51) Perinetti G. Dental occlusion and body posture: no detectable correlation. *Gait Posture*. 2006;24(2):165-8.
- (52) Piccininni P. Mouthguards and concussion prevention. International Symposium on concussion sport (abstract). *Br J Sports Med*. 2001;35:375.
- (53) Poisson P, Bana M. Mouthguard (la protection intra-buccale). *Information Dentaire* 2012;94: 65-70.
- (54) Queiróz AF, de Brito Jr RB, Ramacciato JC, Motta RH, Flório FM. Influence of mouthguards on the physical performance of soccer players. *Dental Traumatology*. 2013;29(6):450-4.
- (55) Ringhof S, Stein T, Potthast W, Schindler HJ, Hellmann D. Force-controlled biting alters postural control in bipedal and unipedal stance. *J Oral Rehabil*. 2015 Mar;42(3):173-84.
- (56) Roettger M. Performance enhancement and oral appliances. *Compend Contin Educ Dent*. 2009;30(2):4-8.
- (57) Sakaguchi K, Mehta NR, Abdallah EF et al. Examination of the relationship between mandibular position and body posture. *Cranio*. 2007;25(4):237-49.
- (58) Sforza C, Tartaglia GM, Solimene U, Morgun V, Kaspranskiy RR, Ferrario VF. Occlusion, sternocleidomastoid muscle activity, and body sway: a pilot study in male astronauts. *Cranio*. 2006;24(1):43-9.

- (59) Takada Y, Miyahara T, Tanaka T, Ohyama T, Nakamura Y. Modulation of H reflex of pretibial muscles and reciprocal Ia inhibition of soleus muscles during voluntary teeth clenching in humans. *J Neurophysiol.* 2000 Apr;83(4):2063-70.
- (60) Takahashi T, Ueno T, Ohyama T. Modulation of H reflexes in the forearm during voluntary teeth clenching in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2003;90(5-6):651-3.
- (61) Tardieu C, Dumitrescu M, Giraudeau A, Blanc JL, Cheynet F, Borel L. Dental occlusion and postural control in adults. *Neurosci Lett.* 2009;450(2):221-4.

ANNEXE 1 : PARAMETRES MESURES

Sans orthèse :

Baldini (2013a) : Aire d'oscillation du corps, vitesse de l'oscillation.

Baldini (2013b) : Aire d'oscillation du corps, vitesse de l'oscillation.

Bracco (2004) : Asymétrie de la répartition du poids entre jambe D et G.

Distance entre le barycentre réel et théorique sur l'axe X (G-D) et Y (ant-post).

Cuccia (2011) : Charge moyenne sur la surface plantaire.

Différence de charge entre l'avant et l'arrière pied.

Différence de surface entre l'avant et l'arrière pied.

Pourcentage du poids du corps sur chaque jambe.

Ebben (2008) : Taux de développement de la force.

Pic de force

Temps jusqu'au pic de force. → Pendant un saut.

Gangloff (2002) : Aire d'oscillation du corps. → Avant/après anesthésie à l'épine de Spix.

Hellmann (2015) : Mesures anthropométriques (angle des hanches, genoux, chevilles).

Activité EMG (muscle droit fémoral, muscle vaste médial, biceps fémoral, muscle tibial antérieur, muscle soléaire, gastrocnémien médial et masséter).

Hellmann (2011) : Aire d'oscillation du corps.

Julia-Sanchez (2015) : Index de stabilité mesuré par Biodex (plateforme mobile).

Julia-Sanchez (2016) : Index de stabilité mesuré par Biodex (plateforme mobile).

Kimura (2007) : Vitesse d'un mouvement de bras en karaté.

Activité EMG (masséter droit, SCM D et G, triceps brachial D, biceps brachial D, grand dorsal G).

Marini (2013) : 19 angles cinématiques frontaux.

4 paramètres cinématiques sagittaux (distance C7-S3, cyphose, lordose, angle sacré).

Activité EMG (muscle temporal, masséter, SCM, trapèze).

Perinetti (2006) : 4 paramètres posturographiques :

Moyenne absolue du déplacement du centre de pression des pieds par rapport au point théorique.

Aire d'oscillation projetée.

Longueur de l'oscillation.

Vitesse de l'oscillation.

Takada (2000) : Activité EMG (muscles masséter D et tibial antérieur D).

Réflexe H du muscle tibial antérieur D et soléaire D.

Takahashi (2003) : Réflexe H du muscle fléchisseur radial et extenseur radial du carpe.

Tardieu (2009) : Aire d'oscillation du corps.

Vitesse moyenne de l'oscillation.

Puissance du signal enregistré.

Avec Orthèse :

Ahn (2010) : Force isocinétique (coude, poignet, avant-bras, épaule, hanche, genou, cheville).

Bergamini (2008) : Activité EMG (SCM, muscles érecteurs du rachis au niveau L4, muscles soléaires).

Bourdin (2006) : Temps de réaction visuelle.

Puissance explosive.

Ventilation au repos.

Ventilation et consommation en oxygène pendant l'effort

→ Sur vélo ergométrique.

Buscà (2015) : Pic de force d'un serrement de main.

Pic de force lors d'un mouvement de rameur.

Explosivité (taux de développement de la force) lors d'un mouvement de rameur.

Hauteur d'un saut (countermovement jump)

Puissance moyenne d'un saut (countermovement jump).

Cetin (2009) : Puissance anaérobie.

Capacité anaérobie. → sur vélo ergométrique

Force isocinétique du quadriceps jambe dominante → Dynamomètre

Force d'un serrement de main (main dominante) → Dynamomètre

Force isométrique des jambes → Dynamomètre

Force isométrique du dos → Dynamomètre

Temps sur un sprint de 20m.

Squat jump.

Countermovement jump.

Collarès (2014) : VO2max.

Distance parcourue → test navette de Luc Léger.

Decocq (2014) : Déplacement du centre de pression des pieds.

Duarte-Pereira (2008) : Volume expiratoire maximum par seconde

Débit expiratoire de pointe

Capacité vitale forcée

Hauteur des sauts

Nombre de sauts en 15 secondes

Puissance moyenne

Duddy (2012) : Puissance maximale → 3 mouvements sur rameur ergométrique

Puissance sur une minute.

Temps sur 1600m de course.

Dunn-Lewis (2012) : Souplesse.

Equilibre latéral sur jambe d'appui.

Saut vertical.

Sprint 10m.

Force et puissance en développé couché.

Puissance.

- Rythme cardiaque.
 Temps de réaction visuelle
 Évaluation de l'effort perçu sur presse à cuisses.
- Egret (2002) : Cinématique du swing en golf.
 Vitesse de la balle.
- Fujimoto (2001) : Cycle de la marche sur 10m.
 Vitesse
- Gage (2015) : Activation des muscles (temporaux, masséter, SCM et paravertébraux cervicaux)
- Gangloff (2000) : Déplacement du centre de pression des pieds.
- Garner (2009) : Largeur et diamètre de l'oropharynx.
 Taux d'acide lactique.
- Garner (2011) : Taux de cortisol.
- Golem (2015) : Équilibre dynamique.
 Souplesse, agilité,
 Puissance.
- Jung (2013) : Fonctions musculaires isocinétiques au niveau du genou :
 Force.
 Puissance.
 Endurance musculaire.
 Performances anaérobies :
 Puissance de pointe.
 Taux de fatigue.
- Keçeci (2005) : Paramètres des échanges gazeux respiratoires :
 VO₂max.
 Ventilation minute (volume pulmonaire mobilisé en une minute).
 Volume courant (volume inspiré puis expiré à chaque mouvement respiratoire).
 Quotient respiratoire (rapport CO₂ produit / O₂ consommé par unité de temps).
- Lee (2014) : Activité musculaire (masséter, extenseur et fléchisseur de l'avant-bras).
 Force de la prise de main en pince et en crochet.
- Lee (2013) : Activité musculaire (SCM, muscles érecteurs du rachis cervicaux et lombaires, chef sup du trapèze, biceps, triceps, muscle droit de l'abdomen, oblique interne et oblique externe).
- Maurer (2015) : Analyse du mouvement de la course à pied (cinématique de la course).
- Mizumachi (2008) : Activation des muscles masticateurs (SCM, masséters et ventre antérieur digastrique).
- Naretto (2004) : Force explosive du saut
 Puissance du saut
 Temps de réaction au top départ
- Ohlendorf (2014) : Changement de position de la colonne vertébrale.

Oie (2010) : Fluctuation du centre de gravité.

Pae (2013) : Vitesse moyenne de la tête et du club de golf.

Distance parcourue par la balle de golf.

Vitesse initiale de la balle.

Précision du putt.

Queiroz (2013) : VO2max.

Capacité aérobie.

Ringhof (2015) : Force de l'occlusion.

Balancement du corps (déplacement du centre de pression des pieds).

Mouvements du corps (par système de capture du mouvement en 3D).

Sakaguchi (2007) : Centre de pression des pieds.

Centre des forces occlusales.

Sforza (2006) : Activité EMG (masséter, temporal, SCM).

Centre de pression des pieds.

Tardieu (2009) : Oscillation du corps

Vitesse moyenne du centre de pression des pieds.

ANNEXE 2 : COMBINAISONS DE MOTS CLES

Sans orthèse :

Sports dentistry + Performances
Teeth clenching + Body posture
Teeth clenching + Postural balance
Teeth clenching + Performances
Teeth clenching + Appendage muscle strength
Dental occlusion + Body posture
Dental occlusion + Postural balance
Dental occlusion + Performances
Dental occlusion + Appendage muscle strength
Mandibular position + Body posture
Mandibular position + Postural balance
Mandibular position + Performances
Mandibular position + Appendage muscle strength
Occlusion dentaire + Posture
Occlusion dentaire + Équilibre postural
Occlusion dentaire + Sport / Performances sportives
Position mandibulaire + Posture
Position mandibulaire + Équilibre postural
Position mandibulaire + Sport / Performances sportives
Calage mandibulaire + Posture
Calage mandibulaire + Équilibre postural
Calage mandibulaire + Sport / Performances sportives

Avec orthèse :

MORA + Postural balance
MORA + Body posture
MORA + muscle strength
MORA + Sport performances
Mouthguard + Postural balance
Mouthguard + Body posture
Mouthguard + muscle strength
Mouthguard + Sport performances
Occlusal splint + Postural balance
Occlusal splint + Body posture
Occlusal splint + muscle strength
Occlusal splint + Sport performances
Stabilization splint + Postural balance
Stabilization splint + Body posture

Stabilization splint + muscle strength
Stabilization splint + Sport performances
Mandibular advancement device + Postural balance
Mandibular advancement device + Body posture
Mandibular advancement device + muscle strength
Mandibular advancement device + Sport performances
Protection intrabuccale + Posture
Protection intrabuccale + Équilibre postural
Protection intrabuccale + Performances sportives
Orthèse d'avancée mandibulaire + Posture
Orthèse d'avancée mandibulaire + Équilibre postural
Orthèse d'avancée mandibulaire + Performances sportives

ANNEXE 3 : NOTE D'INFORMATION



PIBPERF
Version n° 2.0 du 12/10/2012



NOTE D'INFORMATION

Etude des effets du port d'une Protection Intra-Buccale sur la puissance et la précision d'un coup de poing et d'un coup de pied circulaire en sports de combat
PIBPERF – CHUBX 2011/32

Gestionnaire de la recherche : **CHU de Bordeaux**

Personne qui dirige et surveille la recherche : **Dr Philippe POISSON**

Merci de lire attentivement ce document d'information,
il nous servira de base pour nos discussions ultérieures

Pourquoi cette étude ?

Vous pratiquez un sport à risque de traumatismes buccodentaires. Des études épidémiologiques internationales ont montré le rôle majeur des Protections Intra-Buccales (PIB) dans la prévention de ces traumatismes.

Actuellement, les PIB sur mesure, c'est à dire les protections confectionnées après prise d'empreintes par le chirurgien dentiste, apparaissent comme un moyen performant pour limiter le risque d'atteinte bucco-dentaire dans les accidents de sport. Ces PIB sur mesure ont évolué de façon à moins gêner la ventilation buccale mâchoires serrées des sportifs et permettre ainsi de solidariser la mandibule au massif facial dans un souci de réduire le risque de traumatismes osseux et buccodentaires.

Cependant, lors de la réalisation de la PIB par le chirurgien dentiste, la détermination de la position de la mandibule apparaît importante. En effet, des variations de position peuvent conduire à une modification de la posture du sportif, avec des répercussions sur les performances.

Cette hypothèse demande à être étudiée et c'est le but de cette étude.

Comment va se dérouler cette étude ?

Cette étude durera 20 mois et concernera 40 athlètes, femmes et hommes, majeurs et mineurs volontaires issus d'un sport à risque : la boxe anglaise et le kick-boxing.

Si vous pratiquez un de ces sports et que vous êtes licencié(e), vous pouvez participer à cette étude.

La première partie de cette étude consistera à préparer une PIB sur mesure. La confection de cette PIB demandera 3 séances avec un chirurgien dentiste investigateur : une séance pour la prise d'empreintes buccodentaires, une séance pour la détermination de la position de la mandibule et une séance pour les réglages de la PIB.

La seconde partie consistera en deux séances : une séance pour valider votre participation à la séance de mesure et une séance de mesure.

Au cours de la séance de mesure, vous serez debout face au sac d'entraînement, chaque pied sur une plateforme de force. Après une période d'échauffement, vous devrez porter un coup avec le maximum de précision et de puissance sur une cible placée sur le sac au cours de trois situations :

- Situation 1 : Sans PIB et sans consigne sur la position des mâchoires,
- Situation 2 : Sans PIB et en serrant les mâchoires au maximum,
- Situation 3 : Avec la PIB et en serrant les mâchoires au maximum.

Pour chaque situation, les pratiquants de boxe anglaise effectueront une série de dix coups de poing du bras droit puis du bras gauche, les pratiquants de kick-boxing réaliseront une série de dix coups de poing du bras droit puis du bras gauche, et une série de 10 coups de pied de la jambe droite puis de la jambe gauche.

Afin d'indemniser votre participation à cette étude, vous recevrez la PIB sur mesure qui aura été réalisée pour vous.

Quels sont les inconvénients possibles ?

Les premiers inconvénients concernent les temps de préparation de la PIB sur mesure :

- la prise d'empreintes peut entraîner des réflexes nauséeux chez certaines personnes.
- lors de l'adaptation en bouche de la PIB sur mesure des zones muco-gingivales peuvent être sensibles ce qui demandera des réglages et des retouches des appareillages.

Ensuite, d'autres inconvénients sont inhérents à la mise en œuvre de l'étude.

Tout d'abord, la contrainte de lieu : cette étude se déroulera à l'Insep, en collaboration avec le Service Médical et le Service Recherche (Laboratoire Mouvement, Action et Performance), ce qui implique que vous devrez vous déplacer sur le site pour effectuer la séance de mesure.

Enfin, la contrainte de temps : cette étude demande une préparation matérielle et des réglages qui peuvent engendrer une augmentation de la durée de la séance de mesure prévue sur une heure.

Que vous demandera-t-on ?

Si, après avoir pris connaissance de cette note, vous décidez de participer à l'étude, vous devrez signer ce formulaire confirmant votre accord de participation pour quatre visites.

Une première consultation au Service Médical de l'Insep permettra la prise d'empreintes par le chirurgien dentiste.

Lors du deuxième rendez-vous, le chirurgien dentiste déterminera la position de la mandibule par une cire.

L'adaptation de la PIB en bouche, avec d'éventuelles retouches, s'effectuera lors du troisième rendez-vous par le chirurgien dentiste.

La quatrième visite consistera à valider votre participation à la séance de mesure.

La dernière visite sera dédiée à l'unique séance de mesure et se déroulera à l'Insep.

Quels sont vos droits ?

Votre participation à cette étude est entièrement volontaire.

Vous avez la possibilité de vous retirer de cette étude à quelque moment que ce soit et quel que soit le motif.

Les données recueillies au cours de cette étude resteront strictement confidentielles.

Compte tenu des nécessités de la recherche et de son analyse ultérieure, les données recueillies qui vous concernent feront l'objet d'un traitement informatisé et anonyme au niveau du C.H.U. de Bordeaux dans le respect de la Loi « Informatique et Libertés » du 06 janvier 1978 complétée par la Loi du 1er juillet 1994 et son décret d'application du 09 mai 1995 et par la Loi du 04 mars 2002.

Lorsque cette étude sera terminée, si vous le souhaitez, vous serez personnellement informé des résultats des examens et de l'étude dès que ceux-ci seront disponibles.

Après avoir lu cette note d'information, n'hésitez pas à poser toutes les questions que vous désirez.

ANNEXE 4 : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT



PIBPERF
Version n° 2.0 du 12/10/2012



FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Etude des effets du port d'une Protection Intra-Buccale sur la puissance et la précision d'un coup de poing et d'un coup de pied circulaire en sports de combat

PIBPERF – CHUBX 2011/32

Gestionnaire de la recherche : **CHU de Bordeaux**

Personne qui dirige et surveille la recherche : **Dr Philippe POISSON**

Je soussigné(e) (nom, prénom), certifie avoir lu et compris le document d'information qui m'a été remis et avoir eu la possibilité de poser toutes les questions que je souhaitais au Dr

Je comprends les contraintes (en particulier la séance de mesure effectuée à l'Insep) liées à ma participation.

Je connais la possibilité qui m'est donnée d'interrompre ma participation à tout moment sans avoir à justifier ma décision mais je ferai mon possible pour informer le Dr

J'accepte que les données enregistrées à l'occasion de cette étude puissent faire l'objet d'un traitement informatisé. J'ai noté que le droit d'accès prévu par la Loi « Informatique et Libertés » du 06 janvier 1978 complétée par la Loi du 1^{er} juillet 1994 et son décret d'application du 09 mai 1995 et par la Loi du 04 mars 2002 s'exerce à tout moment auprès du Dr Philippe POISSON, Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier, Pôle d'Odontologie et de Santé Buccale, 1, rue Jean Burguet, 33075 Bordeaux et que je pourrai exercer mon droit de rectification et d'opposition auprès de celui-ci.

J'accepte que tout scientifique impliqué dans le déroulement de cette étude, ainsi que le représentant des Autorités de Santé, aient accès aux données qui me concernent dans le respect le plus strict de la confidentialité.

Mon consentement ne décharge en rien les organisateurs de l'étude de leurs responsabilités. Je conserve tous les droits garantis par la loi.

J'accepte librement de participer à cette recherche dans les conditions précisées dans le document d'information.

Fait à **Le**

Nom

Signature

Je soussigné(e), Docteur, certifie avoir communiqué toute information utile concernant cette étude. Je m'engage à faire respecter les termes de cette note de consentement, conciliant le respect des droits et des libertés individuelles et les exigences d'un travail scientifique.

Nom de l'investigateur

Numéro de téléphone de l'investigateur :

Fait à **Le**

Signature de l'investigateur

Vu, Le Président du Jury,

Date, Signature :

Vu, la Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques,

Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,

Date, Signature :

Manon PAOLI,

le 19/06/2018

Thèse pour l'obtention du DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR en CHIRURGIE DENTAIRE 2018 - n°34

Médecine bucco-dentaire du sport

Effet du calage mandibulaire à l'aide d'une protection intra-buccale sur les performances du boxeur.

Résumé

Si le port d'une protection intra-buccale est obligatoire dans certains sports : boxe, taekwondo, hockey sur glace et football américain afin de prévenir les traumatismes dento-maxillaires, plusieurs publications ont montré son intérêt dans l'optimisation de performances sportives. Notre travail comporte deux parties : la première partie consiste en une revue de la littérature, la deuxième partie concerne une étude clinique des effets du port d'une protection intra-buccale sur la puissance et la précision d'un coup de poing en sports de combat. Les résultats de l'étude sont présentés et discutés.

Mots-clés

Odontologie du sport – Equilibre postural – Occlusion dentaire – Protection intra-buccale – Position mandibulaire – Orthèse – Performances.

Effect of mandibular position by mouthguard on boxer's performances.

Summary

While the use of mouthguard is mandatory in some sports: boxing, taekwondo, ice hockey and American football to prevent oral injuries, several publications have shown an interest in optimizing sports performance. Our work includes two parts: the first part consists of a review of the literature; the second part concerns a clinical study of the effects of mouthguard wearing on the power and precision of a punch in combat sports. The results of the study are presented and discussed.

Key-words

Sports dentistry – Postural balance – Teeth clenching – Mouthguard – MORA (Mandibular Orthopedic Repositioning Appliance) – Mandibular position – Splint – Performances.

Université de Bordeaux – Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

16-20 Cours de la Marne

33082 BORDEAUX CEDEX