



**UNIVERSITÉ DE LILLE**

**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

Année de soutenance : 2023

N°:

THESE POUR LE

**DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 07 Novembre 2023

Par Ryan EL MOKDAD

Né le 11 Octobre 1998 à LILLE - FRANCE

**L'influence du protège-dents sur les capacités physiques du sportif et son environnement buccal.**

**JURY**

Président : Monsieur le Docteur Philippe Boitelle

Assesseurs : Madame le Docteur Céline Catteau

Monsieur le Docteur Xavier Coutel

Monsieur le Docteur Jérôme Vandomme

Président de l'Université	: Pr. R. BORDET
Directrice Générale des Services de l'Université	: M-D SAVINA
Doyen UFR3S	: Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S	: G. PIERSON
Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S	: Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services	: N.TROULET
Responsable de la Scolarité	: G. DUPONT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE.

**PROFESSEURS DES UNIVERSITES :**

K. AGOSSA	Parodontologie
<b>P. BOITELLE</b>	<b>Responsable du Département de Prothèses</b> <b>Responsable de l'UF de Prothèses</b>
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
<b>C. DELFOSSE</b>	<b>Doyen de la faculté d'Odontologie</b>
<b>E. DEVEAUX</b>	<b>Responsable du Département de</b> <b>Dentisterie Restauratrice</b> <b>Endodontie</b>

## **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES**

T. BECAVIN	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
A. BLAIZOT	Prévention, Épidémiologie, Économie de la Santé, Odontologie Légale.
<b>F. BOSCHIN</b>	Responsable du Département de <b>Parodontologie</b>
<b>C. CATTEAU</b>	Responsable du Département de <b>Prévention, Épidémiologie, Économie de la Santé, Odontologie Légale.</b>
X. COUTEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
C. DENIS	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
<b>L. NAWROCKI</b>	Responsable du Département de <b>Chirurgie Orale</b> Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
<b>C. OLEJNIK</b>	Responsable du Département de <b>Biologie Orale</b>
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
<b>M. SAVIGNAT</b>	Responsable du Département des <b>Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux</b>
<b>T. TRENTESAUX</b>	Responsable du Département d' <b>Odontologie Pédiatrique</b>
J. VANDOMME	Prothèses

### ***Réglementation de présentation du mémoire de Thèse***

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

Aux membres du jury,

## **Monsieur le Professeur Philippe BOITELLE**

**Professeur des Universités – Praticien Hospitalier** *Section de Réhabilitation Orale*

*Département Prothèses*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Habilitation à Diriger des Recherches (Université de Lille)

Docteur de l'Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité. Spécialité : Mécanique des matériaux.

Master 2 recherche Biologie et Santé, mention Biologie cellulaire et biologie quantitative – Université Lille 2

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales – Université Lille2

CES d'Odontologie Prothétique option Prothèse fixée – Université Paris Descartes

Prix 2006 Annual Scholarship Award for outstanding academic achievements in dentistry – Pierre

Fauchard Academy Foundation – New-York – U.S.A

Responsable du Département de Prothèses

Responsable de l'Unité Fonctionnelle de Prothèse

Responsable du DU Biomimétique, Esthétique et Numérique (Lille) Chargé de mission à la Formation Continue

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

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de mes sincères remerciements.*

## **Monsieur le Docteur Jérôme VANDOMME**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier** *Section de Réhabilitation Orale*

*Département Prothèses*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Biologie de l'Université de Lille 2

Master II Biologie Santé

Master I des Sciences Biologiques et Médicales

Chargé de Mission Nouvelles Technologies

*Vous avez accepté de diriger cette thèse et je vous en remercie.*

*Je vous remercie également pour l'encadrement, votre savoir-faire et votre rapidité d'action.*

*Vous avez mon plus profond respect.*

**Monsieur le Docteur Xavier COUTEL**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier**

Section Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

Département Biologie Orale

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université de Lille (Biologie Orale)

Master « Sciences, Technologies, Santé mention « Biologie cellulaire, Physiologie et Pathologies »

- Spécialité « Biologie, Biomorphologie, Bio ingénierie du squelette » (Paris Descartes)

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude  
envers vous pour votre précieuse  
contribution en tant que membre du jury de  
ma thèse.*

*Votre disposition à contribuer à cette étape  
importante de ma carrière académique a été*

*d'une grande aide, et je vous en suis sincèrement reconnaissant.*

**Madame le Docteur Céline CATTEAU**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier**

*Section Développement, Croissance et Prévention*

*Département Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Odontologie de l'Université d'Auvergne

Master II Recherche « Santé et Populations » - Spécialité Evaluation en Santé & Recherche Clinique - Université Claude Bernard (Lyon I)

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales (Lille2)

Formation à la sédation consciente par administration de MEOPA pour les soins dentaires (Clermont-Ferrand)

Formation certifiante « concevoir et évaluer un programme éducatif adapté au contexte de vie d'un patient » (CERFEP Lille)

1<sup>ère</sup> Assesseur « faculté d'Odontologie » - UFR3S Lille

Responsable du Département Prévention et Epidémiologie, Economie de la Santé et Odontologie Légale

*Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de faire partie de ce jury et je vous en remercie.*

*Soyez assuré de ma sincère reconnaissance et veuillez trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.*

À ma famille,

*À Bayan EL MOKDAD, mon petit frère,*

*À Ehdy EL MOKDAD, mon grand frère,*

*À Karine EL MOKDAD, ma mère,*

*À Ayad EL MOKDAD, mon père,*

*À mes cousins*

*Je vous dédie cette thèse.*

Je tiens à  
remercier,

*Ma famille, pour son soutien,*

*Les Docteurs qui, grâce à leurs nombreux conseils, ont permis  
de constituer le socle de mes connaissances et compétences.*

*Mes Amis, qui m'ont accompagné tout au long de ces études et  
qui se reconnaîtront.*

## Table des matières

<b>1</b>	<b><i>Introduction</i></b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b><i>Généralités</i></b>	<b>16</b>
2.1	<b>Quelques chiffres sur le sport en France</b>	<b>16</b>
2.2	<b>Définition</b>	<b>16</b>
2.3	<b>Histoire du protège-dents</b>	<b>17</b>
2.4	<b>Réglementation en France :</b>	<b>20</b>
2.4.1	Obligations et recommandations de son port	20
2.4.2	Lois et normes	21
<b>3</b>	<b><i>Les différents types de protège-dents</i></b>	<b>23</b>
3.1	<b>Les protège-dents classiques</b>	<b>23</b>
3.1.1	Les protections standards de Type 1	23
3.1.2	Les protections adaptables en bouche de Type 2 :	24
3.1.3	Les protections sur mesure de Type 3	26
<b>4</b>	<b><i>Prévalences et interventions sur le port du protège-dents</i></b>	<b>35</b>
4.1	<b>Prévalences du port du protège-dents</b>	<b>35</b>
4.2	<b>Qu'est-ce qui motive les sportifs à l'utilisation du protège dents</b>	<b>36</b>
4.3	<b>Qu'elles sont les barrières à l'utilisation du protège-dents</b>	<b>38</b>
4.4	<b>Interventions de prévention</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b><i>Protège-dents et impacts sur les performances du sportif</i></b>	<b>42</b>
5.1	<b>Protège-dents et filières énergétiques</b>	<b>42</b>
5.1.1	Définitions et rappels de la filière aérobie, des filières anaérobiques, de la VO2Max et de la lactatémie	42
5.1.2	Influences du protège-dents sur l'ouverture des voies respiratoires	45
5.1.3	Influence du protège-dents sur la puissance exercée	45
5.1.4	Diminution du taux de lactate dans le sang et influence sur la VO2MAX	47
5.2	<b>Amélioration de la réponse au stress et du temps de récupération</b>	<b>50</b>
5.3	<b>Impact du protège-dents sur la posture et le transfert de force</b>	<b>52</b>
5.3.1	Approche posturale	52
5.3.2	Impact du protège-dents sur l'équilibre postural	53
5.4	<b>Impact du protège-dents sur la force isométrique</b>	<b>55</b>
5.5	<b>Impact sur le temps de réaction</b>	<b>60</b>
5.6	<b>Impact psychologique</b>	<b>61</b>
5.7	<b>Effets sur l'élocution</b>	<b>62</b>
<b>6</b>	<b><i>Effets concomitants du protège-dents et de la prise de boissons sportives sur le pH dentaire</i></b>	<b>63</b>
<b>7</b>	<b><i>Effets des protège-dents sur les muqueuses et la transmission bactérienne</i></b>	<b>64</b>

<b>7.1</b>	<b>Effets du protège-dents sur les muqueuses</b>	<b>64</b>
<b>7.2</b>	<b>Impact du protège-dents sur la transmission bactérienne</b>	<b>65</b>
<b>7.3</b>	<b>Entretien du protège-dents</b>	<b>66</b>
<b>8</b>	<b><i>Coûts des traumatismes dentaires pour la santé publique</i></b>	<b>69</b>
<b>9</b>	<b><i>Conclusion</i></b>	<b>70</b>
<b>10</b>	<b><i>Bibliographie</i></b>	<b>71</b>

## **Table des abréviations**

EVA : Éthylène-Acétate de Vinyle

ICM : Inter-Cuspidation Maximale

PVAC-PE : Copolymère de PolyVinyle Acétate et de PolyÉthylène

ATP : Adenosine Tri Phosphate

VO<sub>2</sub> : Volume d'Oxygène

RM : Répétition Maximale

ATP : Articulation Temporo-Mandibulaire

MEB : Microscopie Électronique à Balayage

## 1 Introduction

La pratique sportive est un élément essentiel dans la vie de nombreuses personnes en France. Cependant, elle n'est pas sans risque, et les traumatismes dentaires y sont prépondérants. Pour éviter ces traumatismes, le port d'un protège-dents est rendu obligatoire dans certains sports et est recommandé dans de nombreux autres.

Néanmoins, de nombreux sportifs y renoncent, par crainte de l'inconfort ou du risque de gêner les performances.

Le but de cette thèse est d'étudier l'impact du port du protège-dents sur les performances des sportifs, et ainsi de casser les idées reçues quant à sa baisse des performances quand celui-ci est bien réalisé.

Nous étudierons également son confort, son impact psychologique, sa répercussion sur la santé bucco-dentaire du sportif, ainsi que sur le système de santé publique.

Nous verrons au cours de cet ouvrage, que le port du protège-dents n'est plus limité à son rôle unique de protection, il permettrait aussi d'améliorer les performances du sportif, et ce, dans de nombreux aspects.

## 2 Généralités

### 2.1 Quelques chiffres sur le sport en France

L'engouement pour les activités sportives croît dans notre société en raison de leurs nombreux avantages. La pratique sportive réduit les risques de maladies cardiovasculaires, de cancers du sein et du côlon, du diabète, et de maladies métaboliques. Elle aide à contrôler le poids, améliore la santé mentale, l'esthétique du corps, la confiance en soi, renforce les capacités d'apprentissage, et améliore considérablement notre qualité de vie.

En France, près de 3 millions de licences sportives supplémentaires ont été délivrées entre 2000 et 2020 soit une croissance plus rapide que sa population. 66% de la population française âgée de 15 ans ou plus pratique du sport au moins une fois dans l'année [1].

### 2.2 Définition

Le protège-dents est une protection intra-buccale : il permet la répartition de l'énergie générée par un choc sur toute l'arcade dentaire qu'il recouvre, et pas uniquement au niveau du point d'impact. Ainsi les chocs reçus sont amortis ce qui permet la protection des dents ainsi que de leurs alvéoles, et réduit les collisions inter-arcades (Figure 1).

Il sert aussi à protéger les tissus mous : lèvres, joues, langue et gencives en les isolant des dents.

De ce fait, nous devrions évoquer le terme de **protection dento-maxillaire** et non plus de « protège-dents ».

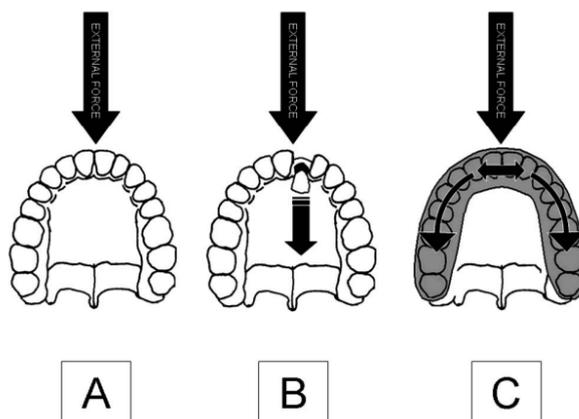


Figure 1. Illustration du mécanisme de répartition des forces par le protège-dents [2].

A. Une force extérieure est exercée sur la partie antérieure non protégée (c'est-à-dire sans protège-dents) des dents.  
B. La force extérieure se concentre en un point et transfère son énergie au complexe dentoalvéolaire, causant une fracture/une luxation. C. Avec la gouttière en place, la force extérieure est répartie sur toutes les dents, formant ainsi une "entretroise".

L'efficacité des protège-dents dans la diminution des accidents oraux faciaux n'est plus à prouver : de nombreuses études [3] montrent une grande corrélation entre le port du protège-dents, et la diminution de ces accidents.

Les 2 méta-analyses de Fernandes L.M. *et al.* [3] nous confirment cette efficacité.

La 1<sup>ère</sup> méta-analyse comprenait 4375 participants pour 8 études observationnelles incluses, et la 2<sup>ème</sup> 3397 participants pour 3 études observationnelles incluses [3].

Les auteurs ont observé que les athlètes portant un **protège-dents avaient 82%** (1<sup>ère</sup> méta-analyse) et **93%** (2<sup>ème</sup> méta-analyse) de chance en moins **de souffrir d'accidents** par rapport à ceux ne portant pas de dispositif de protection en bouche.

### 2.3 Histoire du protège-dents

La boxe est la première activité sportive ayant utilisé des prototypes de protège-dents. Les boxeurs utilisaient des matériaux tels que du coton, du scotch, de l'éponge ou encore des petites pièces de bois provenant de bouchon de liège.

Les boxeurs retenaient par la force de leurs mâchoires ces matériaux en bouche sans réelle rétention, dans l'espoir d'absorber les chocs, et éviter que les matériaux ne s'expulsent de la cavité buccale.

Peu de boxeurs utilisaient cette technique, prêchant que leur concentration dans le combat était focalisée sur le maintien du matériau en bouche, et non plus sur le combat en lui-même. De plus, cette pratique dans certaines compétitions était interdite, du fait que ces matériaux pouvaient être inhalés [4,5].

Dans les années 1890, un dentiste Londonien du nom de Woolf Krause utilisait des bandes de gutta percha posées sur les incisives maxillaires des boxeurs avant leurs combats.

En 1919, un boxeur du nom de Dinne O'Keefe porta un protège-dents fabriqué par un chirurgien-dentiste, Thomas Carlos, pendant son combat contre Jack Britton, champion du monde à ce moment.

Phillipe Krause, fils de Woolf Krause, fabriqua le premier protège-dents réutilisable dans les années 1920. Celui-ci a été utilisé par Ted 'The Kid' Lewis durant un match de championnat contre Jack Britton, champion du monde en titre.

Ted Lewis sorti vainqueur du combat et se fut la première fois qu'un athlète fut champion du monde avec un protège-dents en bouche (Figure 2).

Déçu de sa défaite, Jack s'est plaint de l'utilisation du protège-dents de son adversaire. Ainsi les règles officielles de la boxe en ont interdit son port pendant les sept années qui suivirent [4,5].

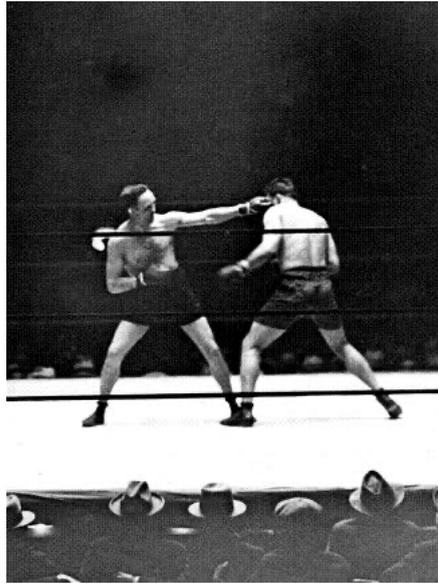


*Figure 2. Photographie prise en 1920, Ted'kid'Lewis à gauche et Jack Britton à droite [6].*

Il a fallu attendre 1927 pour que la Commission Athlétique de New York autorise son utilisation après un combat éliminatoire entre Jack Sharkey et Mike McTigue, à l'issue duquel le vainqueur aurait affronté le champion du monde poids lourd en titre, Gene Tunney.

Malgré une domination de McTigue, Sharkey lui porta un coup dans la bouche entraînant une coupure sévère de ses lèvres, qui mis fin au combat : Sharkey remporta le combat par forfait (Figure 3).

La Commission Athlétique de New York autorisa, pour donner suite à cet incident, l'utilisation des protège-dents chez les boxeurs pour la première fois [4,5].



*Figure 3. Image de 1927, Jack Sharkey contre Mike McTigue, vaincu par K.O. technique lors de ce match (entaille à la lèvre) [7].*

Les commissions à travers le monde appliquèrent ce règlement, et l'utilisation du protège-dents se démocratisa jusqu'à devenir obligatoire dans de nombreux sports [8].

Dans les années 1930, les premières descriptions de protège-dents apparurent dans la littérature, avec son procédé de fabrication utilisant des empreintes dentaires, de la cire et du caoutchouc [4].

## 2.4 Réglementation en France :

### 2.4.1 Obligations et recommandations de son port

Il est obligatoire en France, de le porter dans les fédérations sportives suivantes :

- la Fédération Française de boxe [9] ;
- la Fédération de Full-Contact [10] ;
- la Fédération Française de hockey sur glace (l'obligation ne s'applique pas à la ligue féminine) [11] ;
- la Fédération Française de Karaté : son règlement indique à la page 38 [12] que « le port du *protège-dents (adapté en cas d'appareil dentaire)* » est obligatoire « *pour tous les compétiteurs(trices) de combat* ».

Ces règles s'appliquent aux compétitions organisées par les fédérations sportives et aux entraînements correspondants.

Il est important de souligner que selon le "Règlement du championnat de France Amateur de la Fédération Française de Boxe" [13], l'utilisation d'un protège-dents de couleur rouge ou dérivée du rouge est interdite.

Il est donc conseillé de ne pas fabriquer de protège-dents de cette couleur pour nos patients afin d'éviter qu'ils en soient interdits d'utilisation.

Il est recommandé dans de nombreux sports sans y être obligatoire : tous les arts martiaux confondus, le basketball, le handball, le volleyball, le rugby, le cyclisme, le football, la gymnastique, l'haltérophilie, la lutte, le skateboard, le hockey sur gazon, le rink-hockey, le squash, les sports équestres, et le waterpolo [5].

La Fédération Française de Rugby « *recommande fortement son port* [14] » mais aucun texte ne mentionne une obligation.

## 2.4.2 Lois et normes

Le protège-dents est inscrit dans le Code Du Sport, dans le Livre III (Pratique Sportive), Titre II : Obligations liées aux activités sportives/ chapitre II : Garanties d'hygiène et de sécurité/ section 4 : Prévention des risques résultant de l'usage des équipements de protection individuelle pour la pratique sportive ou de loisirs (Articles R322-27 à R322-38).

Le protège-dents figure dans la liste des Équipements de Protection Individuel – Sports et Loisirs (EPI-SL) en Annexe III-3 de l'article R322-7 du code du sport, il est cité ci-dessous.

Annexe III-3 de l'article R322-7 :

LISTE DES EPI-SL SOUMIS AUX DISPOSITIONS DU CODE DU SPORT, Articles de protection de tout ou partie de la face tels que les protège-dents, masques grilles et visières.

Article R322-28 :

On entend par EPI-SL tout dispositif ou tout moyen défini à l'article R. 322-27 destiné à être porté ou tenu par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ainsi que sa sécurité.

L'Annexe III-5 de l'art. R322-29 du Code Du Sport mentionne les Exigences essentielles de santé et de sécurité, concernant les EPI-SL (Figure 4).

## **I. - Exigences de portée générale applicables à tous les EPI-SL**

Les EPI-SL assurent une protection adéquate contre les risques encourus.

### **1.1. Principe de conception**

#### **1.1.1. Ergonomie**

Les EPI-SL sont conçus et fabriqués de façon telle que, dans les conditions d'emploi prévisibles auxquelles ils sont destinés, l'utilisateur puisse déployer normalement l'activité l'exposant à des risques, tout en disposant d'une protection appropriée et d'un niveau aussi élevé que possible.

#### **1.1.2. Niveaux et classes de protection**

##### **1.1.2.1. Niveaux de protection aussi élevés que possible**

Le niveau de protection optimal à prendre en compte lors de la conception est celui au-delà duquel les contraintes résultant du port de l'EPI-SL s'opposeraient à son utilisation effective pendant la durée d'exposition au risque, ou au déploiement normal de l'activité.

##### **1.1.2.2. Classes de protection appropriées à différents niveaux d'un risque**

Lorsque diverses conditions d'emploi prévisibles conduisent à distinguer plusieurs niveaux d'un même risque, des classes de protection appropriées sont prises en compte lors de la conception de l'EPI-SL.

### **1.2. Innocuité des EPI-SL**

#### **1.2.1. Absence de risques et autres facteurs de nuisance "autogènes"**

Les EPI-SL sont conçus et fabriqués de façon à ne pas engendrer de risques et autres facteurs de nuisance dans les conditions prévisibles d'emploi.

##### **1.2.1.1. Matériaux constitutifs appropriés**

Les matériaux constitutifs des EPI-SL et leurs éventuels produits de dégradation n'ont pas d'effets nocifs sur l'hygiène ou la santé de l'utilisateur.

##### **1.2.1.2. État de surface adéquat de toute partie d'un EPI-SL en contact avec l'utilisateur**

Toute partie d'un EPI-SL en contact ou susceptible d'entrer en contact avec l'utilisateur pendant la durée du port est dépourvue d'aspérités, arêtes vives, pointes saillantes, etc., susceptibles de provoquer une irritation excessive ou des blessures.

##### **1.2.1.3. Entraves maximales admissibles pour l'utilisateur**

Les EPI-SL s'opposent le moins possible aux gestes à accomplir, aux postures à prendre et à la perception des sens. En outre, ils ne sont pas à l'origine de gestes qui mettent l'utilisateur ou d'autres personnes en danger.

### **1.3. Facteurs de confort et d'efficacité**

#### **1.3.1. Adaptation des EPI-SL à la morphologie de l'utilisateur**

Les EPI-SL sont conçus et fabriqués de façon telle qu'ils puissent être placés aussi aisément que possible sur l'utilisateur dans la position appropriée et s'y maintenir pendant la durée nécessaire prévisible du port, compte tenu des facteurs d'ambiance, des gestes à accomplir et des postures à prendre.

Pour ce faire, les EPI-SL doivent pouvoir s'adapter au mieux à la morphologie de l'utilisateur, par tout moyen approprié, tel que les systèmes de réglage et de fixation adéquats, ou une variété suffisante de tailles et pointures.

#### **1.3.2. Légèreté et solidité de construction**

Les EPI-SL sont aussi légers que possible sans préjudice de leur solidité de construction ni de leur efficacité.

Outre les exigences supplémentaires spécifiques, visées au point 3, auxquelles les EPI-SL satisfont en vue d'assurer une protection efficace contre les risques à prévenir, ils possèdent une résistance suffisante contre les effets d'ambiance inhérents aux conditions prévisibles d'emploi.

Figure 4. Annexe III-5 de l'art. R322-29 du Code du sport (les mentions inutiles ont été supprimées) [15].

## 3 Les différents types de protège-dents

### 3.1 Les protège-dents classiques

En 1961, un rapport établi par le « Bureau of Dental Health Education » publié dans « The Journal of the American Dental Association », a identifié trois types de protège-dents [16,17].

Cette classification a été ensuite adoptée par l'American Society for Testing and Materials (ASTM) [18], et est actuellement la plus couramment utilisée. Elle distingue 3 types de protège-dents :

- type I – les protections standards ;
- type II – les protections adaptables en bouche ;
- type III – les protections sur mesure.

#### 3.1.1 Les protections standards de Type 1

Ces protections sont non adaptables, souvent disponibles uniquement en deux tailles (enfant et adulte).

Elle ne prend pas en compte les différentes tailles d'arcades interindividuelles (enfants ou adultes/hommes ou femmes) (Figure 5).

Il est important de noter que les protections de Type I ne sont efficaces que lorsque le sportif contracte ses mâchoires [19,20]. Il existe donc un risque élevé de perdre cette protection ou de l'inhaler pendant l'effort [5,21].

En 1977, il a été rapporté un accident sur un joueur de football américain dont la protection standard s'est déplacée jusqu'à obstruer ses voies respiratoires. Heureusement, un spectateur a réussi à le réanimer [19].

À la suite de cet évènement, **certains auteurs recommandent de ne pas utiliser ces protections et de les retirer de la vente** [19].

Ces protections sont généralement vendues dans les magasins de sport ou les rayons sport des grandes surfaces. Elles sont les moins chères, mais sont aussi les moins efficaces en terme de protection parmi les trois types de protège-dents [18].

Elles peuvent entraver l'élocution et la ventilation du sportif et il n'y a pas de preuves formelles qu'elles permettent la redistribution de la force d'impact [18,22].

Elles se retrouvent en vente libre, sont généralement mal ajustées et offrent peu de protection (Figure 6).

Enfin, elles peuvent causer des blessures des tissus mous [22,23].

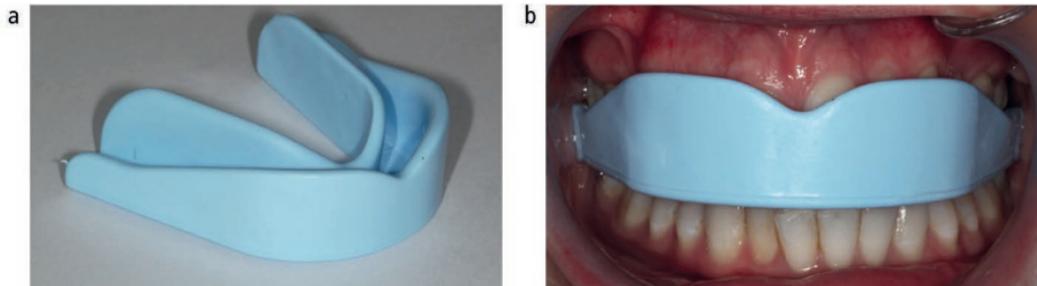


Figure 5. (a) Photographie d'un protège-dents préfabriqué de type 1. (b) Protège-dents de type 1 en bouche [24].



Figure 6. Exemple d'un protège-dents de Type 1 porté par un enfant [25].

### 3.1.2 Les protections adaptables en bouche de Type 2 :

Les protections adaptables (Type II) sont des modèles intermédiaires entre les protections standards et les protections sur-mesure, elles sont fabriquées en série et doivent être adaptées à la bouche par le sportif lui-même ou par son chirurgien-dentiste [18].

Il existe 2 modèles :

- un où le matériau est inséré en phase plastique pour enregistrer les surfaces dentaires (Shell-Liner);
- un où le dispositif est constitué d'un matériau thermoplastique (Boil & Bite).

- **Modèle « Shell-liner » :**

Il existe un modèle appelé « Shell-liner » qui est une gouttière fabriquée à partir de méthacrylate de méthyle ou de silicone [18,26,27]. Il n'est pas souvent utilisé car il génère un goût et une odeur désagréable et son utilisation est compliquée [18,28,29].

Cette gouttière est fabriquée à partir d'une coque préformée en résine, avec en son centre une doublure en méthacrylate de méthyle ou en silicone, qui est ajoutée par le patient dans la coque avant insertion (Figure 7).

Le matériau de doublure est placé dans la bouche du patient, au contact des dents, et est ensuite laissé en place pour prendre forme et s'adapter à la morphologie des dents et muqueuses avoisinantes [18,30].



Figure 7. Protège-dents de type 2 : modèle « Shell-Liner » [31].

- **Modèle « Boil and Bite » ou Modèle à bouillir et mordre**

Les protections adaptables par formage à l'eau chaude (appelées "Boil and Bite") (Figure 8) représentent environ 90% des protections utilisées par les sportifs [18,32–34].

Elles sont fabriquées le plus souvent à base de polyéthylène et d'acétate de polyvinyle (EVA).



Figure 8. Protège-dents de type 2 : modèle « Boil and Bite » [31].

Pour l'adapter, le sportif doit plonger le protège-dents dans de l'eau bouillante, puis l'adapter à sa bouche en le pressant avec sa langue, ses lèvres, ses joues et ses doigts, tout en le maintenant dans sa bouche et de manière occlusive (Figure 9).

L'inconvénient de cette adaptation par le sportif lui-même est, qu'en mordant le dispositif trop fort, celui-ci peut perdre jusqu'à 99% de sa hauteur occlusale, le rendant quasiment désuet [35,36].

Le chirurgien-dentiste doit prévenir son patient de ce phénomène : pour l'éviter, il doit réaliser l'adaptation sous son contrôle, afin d'éviter ce défaut d'adaptation.

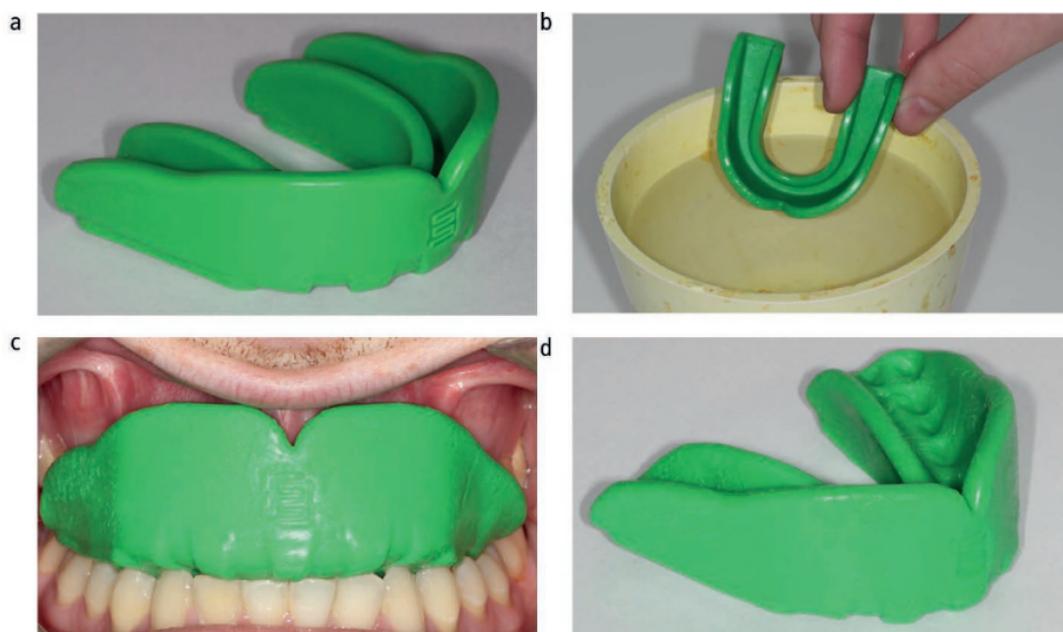


Figure 9. Modèle « Boil and Bite » de type 2 :

a) Avant chauffage, b) Trempé dans l'eau chaude, c) Enregistrement en bouche, d) Résultat final [24]

### 3.1.3 Les protections sur mesure de Type 3

La protection sur mesure est fabriquée à partir d'empreintes prises par le chirurgien-dentiste. Elle est généralement considérée comme étant de meilleure qualité que les types I et II [3,17,32,34,37].

Elle est également la plus efficace en matière de rétention parmi les trois types de protections [24,34,38].

Pour les réaliser il y a deux méthodes de fabrication :

- la première consiste à utiliser le thermoformage sans l'utilisation de maquette en cire [25,26] ;
- la seconde implique l'utilisation de techniques d'injection et de compression [26,39–41] avec l'utilisation d'une maquette en cire.

#### 3.1.3.1 Techniques de réalisation avec thermoformage

Il existe deux modes de thermoformage : le thermoformage par vide d'air et le thermoformage à haute température et haute pression.

Le thermoformage par vide d'air est effectué en utilisant une machine qui réchauffe la plaque d'EVA au-dessus du modèle en plâtre, et, par aspiration va la plaquer contre celui-ci. Un protège-dents monocouche sur mesure est ainsi obtenu (Figure 10).

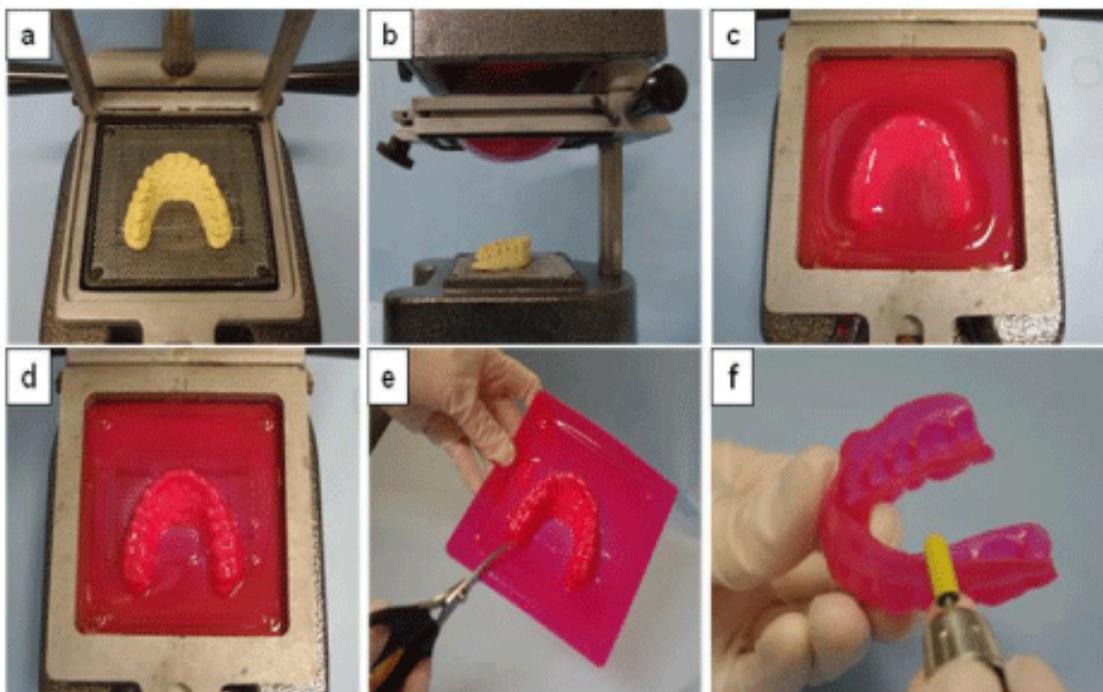


Figure 10. Fabrication d'un protège-dents de type 3 par thermoformage par vide d'air.

a) Placer le modèle en plâtre dans le cadre à thermoformer, b) Faire descendre la plaque d'EVA une fois celle-ci ramollie par la montée en température (attendre l'obtention d'une bulle de plus grand diamètre atteignable dans le

cadre), c) Descendre la plaque à l'aide de son support sur le modèle, d) Formation du vide d'air par aspiration, e) Découpe des limites du protège-dents, f) Polissage [42].

Ce processus est abordable mais présente des inconvénients tels qu'une perte d'adaptation et une épaisseur insuffisante à cause de la mémoire élastique du matériau.

Un autre inconvénient est un risque d'épaisseur coronaire et incisale insuffisante, l'étirement de la plaque lors de la montée en température étant non uniforme [36,43].

Les protège-dents thermoformés à partir d'une seule feuille de matériau sont souvent dangereusement fines dans les zones critiques telles que les bords libres des incisives (Figure 11).

De plus, avec cette méthode la mandibule n'est pas calée en cas de choc, en raison de l'absence d'indentation des dents mandibulaires dans le protège-dents, et de l'état de surface relativement lisse de l'extrados.

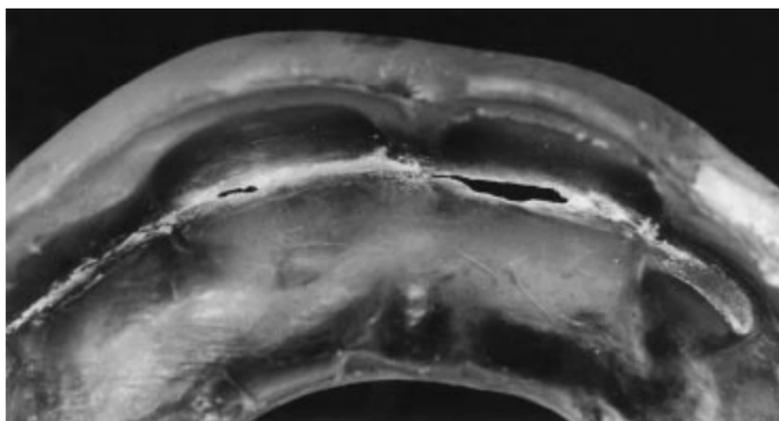


Figure 11. Photographie d'un protège-dents thermoformés à partir d'une seule feuille de matériau centré sur les incisives centrales supérieures [43].

Le thermoformage à haute température et haute pression a été développé pour remédier à ces défauts. Son adaptation est meilleure et son épaisseur est bien répartie à l'ensemble du modèle en plâtre [18].

Selon une étude de Waked *et al.* en 2005, ce mode de thermoformage crée une épaisseur de matériau plus importante permettant une meilleure protection [44].

Cette technique permet de fabriquer des protège-dents laminés ou multicouches [18,26,43] en compressant les plaques sur le modèle en plâtre. La Figure 12 détaille son procédé de fabrication.

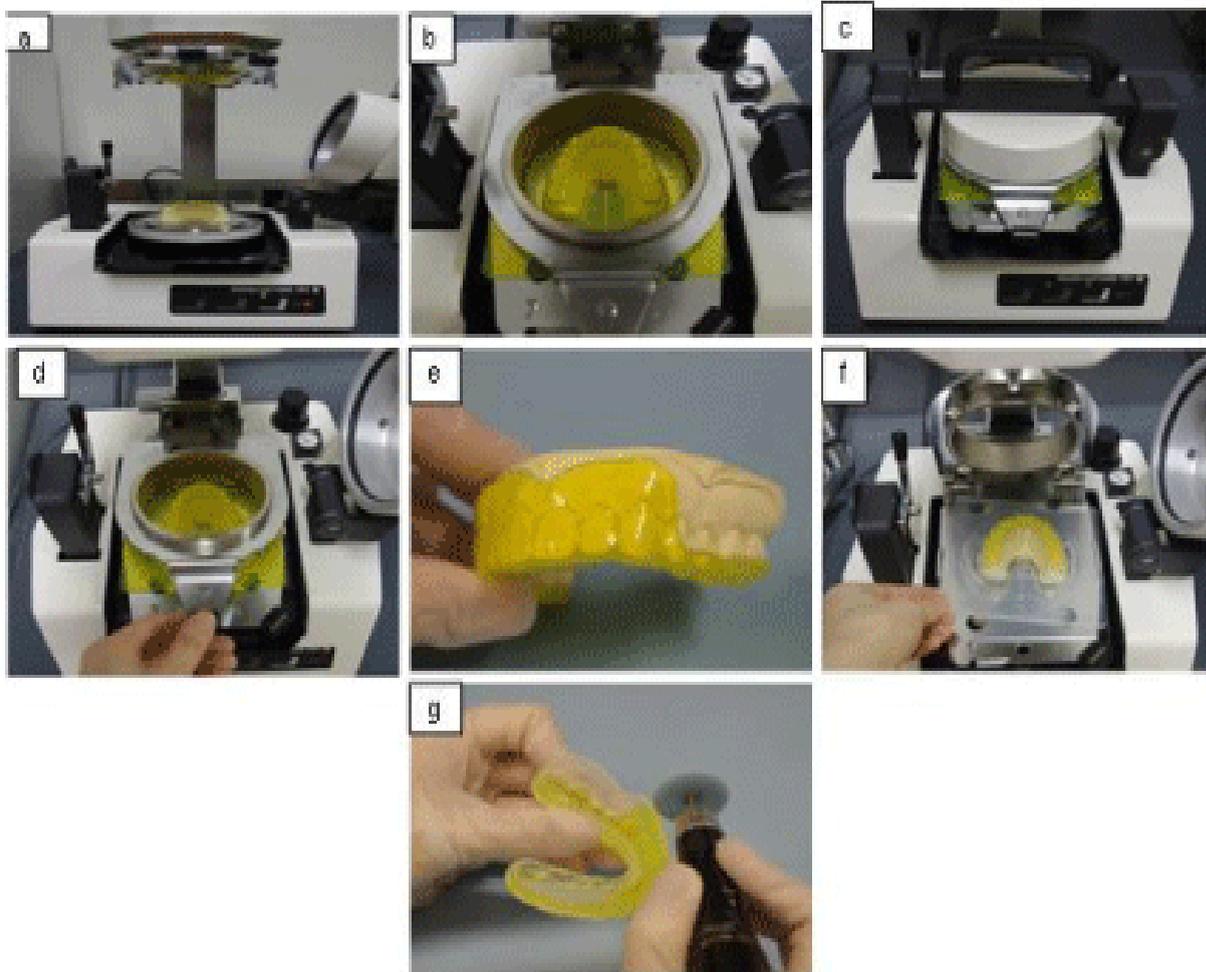


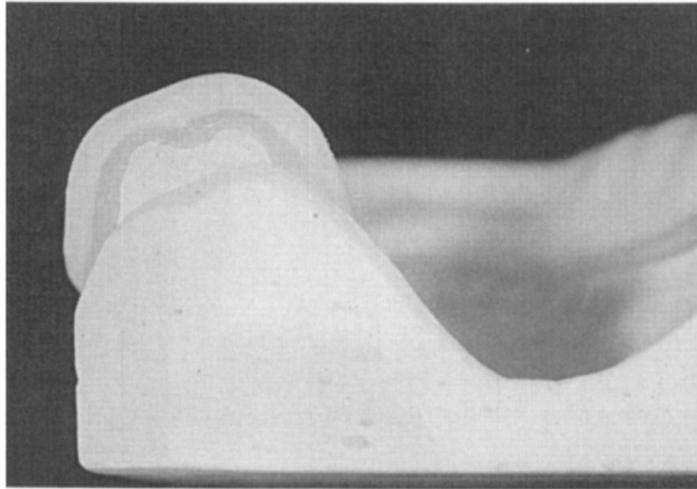
Figure 12. Fabrication d'un protège-dent de type 3 multicouche par thermoformage à haute température et haute pression.

a) Placement du modèle sur l'unité de formage, et ramollissement d'une plaque de protège-dent par monter en température, b) Abaissement du cadre et de sa plaque après ramollissement, c) Formation sous pression de la première couche du protège-dents, d) Retrait de la plaque de son modèle, e) Découpe de la partie excédentaire de la première couche, f) Formation sous pression de la deuxième couche, g) Ajustage des limites et polissage [42].

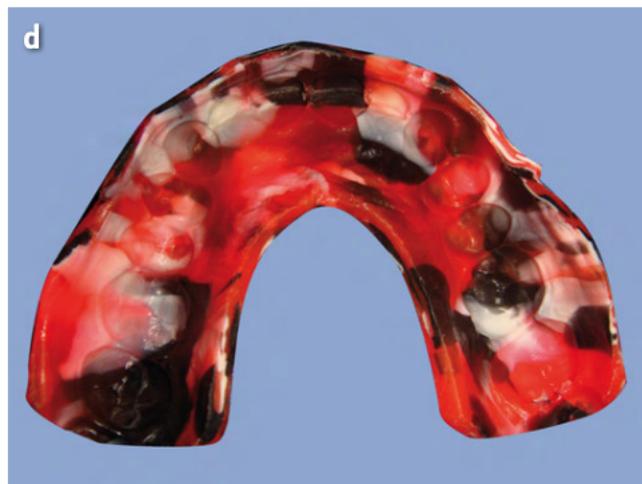
En augmentant la température et la pression, on peut réduire les déformations causées par la mémoire de forme des matériaux, ce qui assure une adhésion presque parfaite des plaques de PVAC-PE au modèle en plâtre (Figure 13) [36,43].

En fonction du nombre de couches utilisées, le protège-dents peut être personnalisé (Figure 14) [45], ce qui peut augmenter la prévalence de son port notamment chez les plus jeunes.

Son ajustage au modèle en plâtre et la répartition des épaisseurs est bien meilleure qu'avec la technique du thermoformage par vide d'air (Figure 15, Figure 16) [36].



*Figure 13. Protège-dents thermoformé à haute température et haute pression sur son moule dentaire, notons l'adaptation étroite des multiples couches au plâtre [36].*



*Figure 14. Photographie d'un protège-dents de Type 3 multicouche personnalisé et thermoformé à haute température et haute pression [31].*

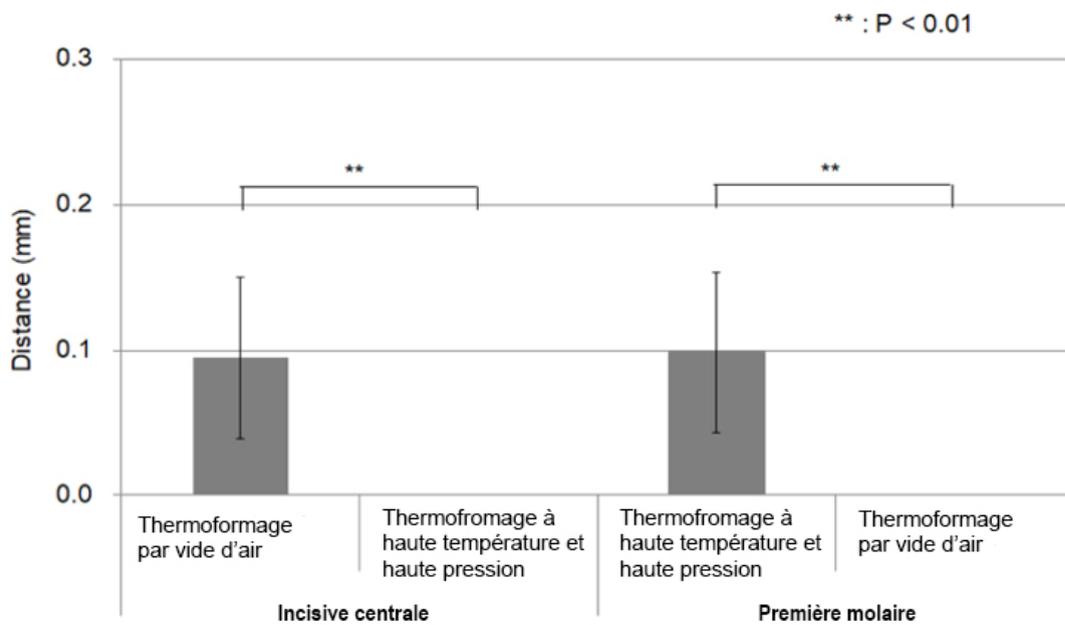


Figure 15. Mesure de l'espace moyen, entre le protège-dents et son modèle en plâtre au niveau de l'incisive centrale et de la première molaire, pour chaque méthode de formage [36].

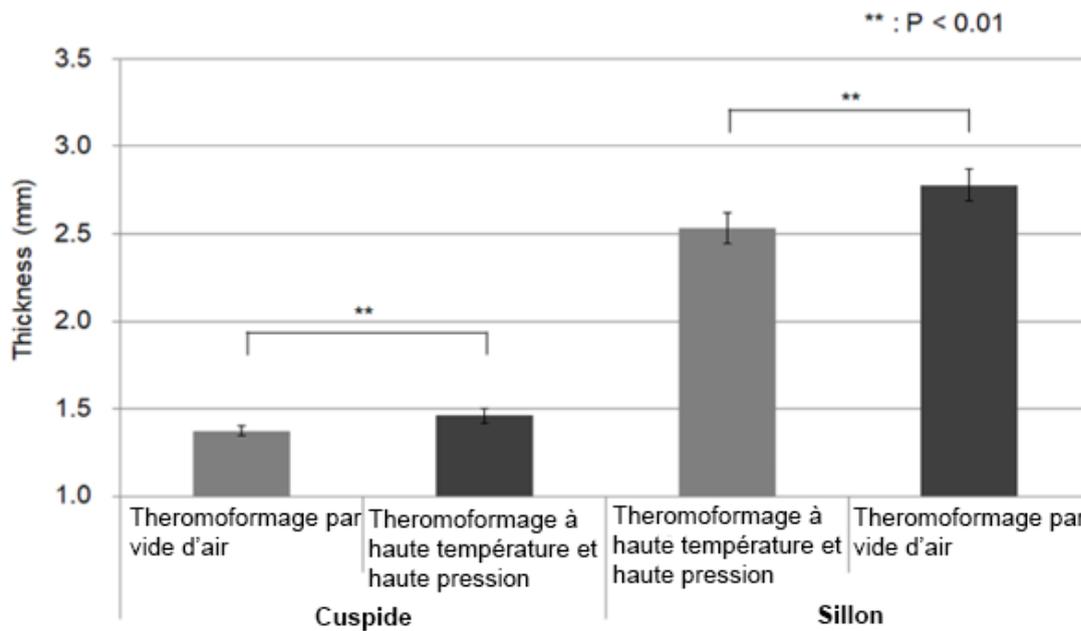


Figure 16. Mesure de l'épaisseur moyenne du protège-dents pour chacune des méthodes de thermoformage, au niveau de la première molaire, dans 2 régions différentes : au niveau des sommets cuspidiens et des sillons primaires [36].

### 3.1.3.2 Techniques avec maquette en cire et injections

Les modèles sont montés sur articulateur en inter cuspidation maximale, puis la tige incisive est remontée à +2mm ce qui laisse un espace libre inter-incisif pour libérer la ventilation buccale. Une fenêtre de la largeur des incisives centrales est ensuite réalisée [26].

Une maquette en cire (Figure 17) est adaptée sur les modèles en plâtre maxillaire et mandibulaire [26]. Elle permet un contrôle précis des dimensions du futur protège-dents.

Une fois les maquettes en cire réglées et ajustées en bouche chez le patient, le tout est envoyé au prothésiste qui, après mise en moufle (Figure 18) procédera à l'injection du matériau constituant le futur protège-dents.

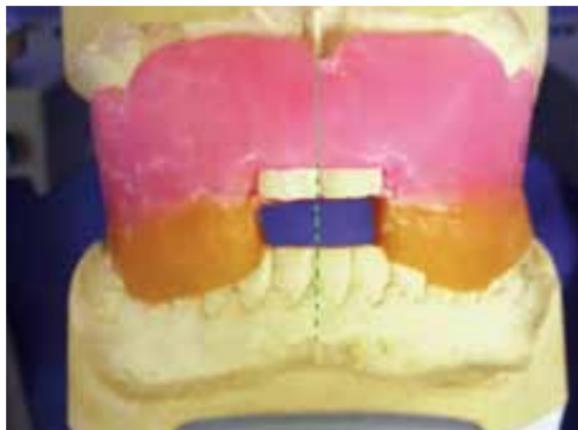


Figure 17. Maquettes en cire du protège-dents [26].



Figure 18. Mise en moufle [26].

En fonction des matériaux utilisés, les techniques de confections sont différentes :

- PVAC-PE<sup>1</sup>: l'injection de PVAC-PE se fait à haute température (entre 160 et 165°C) et à haute pression [46], l'injection du matériau dans le moule peut être réalisée par technique manuelle (Figure 19) ou à l'aide d'une presse hydraulique (Figure 20).



Figure 19. Presse manuelle de laboratoire dentaire [47].

---

<sup>1</sup> Matériau Copolymère de PolyVinyle Acétate et de PolyEthylène



Figure 20. Presse hydraulique automatique de laboratoire dentaire [48].

- Résine méthacrylate de méthyle avec adjonction d'un caoutchouc synthétique élastique (Figure 21).

L'injection se fait à température ambiante avec une montée en pression jusqu'à 6 bars. Une fois obtenue, elle est maintenue constante pour réaliser la polymérisation à chaud (thermo-polymérisation) du matériau qui est l'obtention d'un mélange d'une poudre polymère et d'un liquide monomère [49].

Cette technique a été développée par la société Ivoclar-Vivadent™ [50].



Figure 21. Élastomère de la société Ivoclar-Vivadent™ [51].



Figure 22. Protège-dents sur mesure sur son modèle en plâtre avec maquette en cire préalable [26].

## 4 Prévalences et interventions sur le port du protège-dents

### 4.1 Prévalences du port du protège-dents

Une étude réalisée en France en 2021 dans la région Lorraine auprès de 263 joueurs de Handball a révélé que seulement **3%** d'entre eux en utilisaient un, bien que 95,3% connaissaient leurs rôles dans la prévention des traumatismes bucco-dentaire [52].

Selon une étude méta-analytique menée aux États-Unis auprès de 1636 athlètes du secondaire pratiquant le basketball, le baseball et le softball, seulement **12,3 %** ont déclaré utiliser un protège-dents lors des entraînements ou compétitions [32].

Une autre étude menée au Japon auprès de 1192 joueurs de rugby lycéen a montré que seulement **24,1 %** d'entre eux portaient régulièrement un protège-dents pendant les matchs [53].

Dans une étude menée en 2017 auprès de 100 joueurs professionnels de handball en Croatie, seulement **28 %** ont déclaré porter régulièrement un protège-dents [54].

Une étude réalisée sur une équipe de rugby amateur dans le Nord-Ouest de l'Italie a révélé que seulement **53,85%** des joueurs portaient un protège dents pendant les entraînements et les matchs. L'étude incluait 65 joueurs [55].

Dans une étude réalisée sur 140 joueuses de hockey sur gazon de Première League Anglaise, **69%** portaient régulièrement leur protège-dents pendant les matchs [56].

Enfin une étude interrogant 303 athlètes allemands de haut niveau pratiquant un sport de contact a révélé que seulement **47,3%** d'entre eux en portaient actuellement un (50% étaient de Type 2, 50% de Type 3) [57].

Ces taux de prévalence peuvent varier en fonction du sport, du niveau de compétition, de la culture sportive du pays/de la région, de la disponibilité des protège-dents et des investissements des acteurs de santé (notamment le chirurgien-dentiste), des moyens financiers des clubs, de la réglementation et de la sensibilisation des athlètes et des entraîneurs à l'utilisation du protège-dents.

Bien que les effets du protège-dents ne soient plus à prouver quant à sa réduction de la fréquence et de l'intensité des traumatismes faciaux, son port est très peu rependu et de nombreux athlètes le négligent.

## 4.2 Qu'est-ce qui motive les sportifs à l'utilisation du protège dents

Une étude menée auprès de joueurs de rugby en Nouvelle-Zélande a identifié plusieurs facteurs de motivation pour le port du protège-dents, tels que la protection contre les blessures, le respect des règles et la conformité aux normes de l'équipe [58].

Une étude menée en 2019 auprès de 285 joueurs de basketball portugais a montré que la croyance en l'efficacité du protège-dents pour prévenir les blessures était le principal facteur de motivation pour son port, suivi de la conformité aux règles et des recommandations des entraîneurs [59].

Une étude menée en 2016 auprès de 1299 joueurs de hockey sur gazon aux Pays Bas a montré que la crainte des blessures dentaires était un facteur de motivation important pour le port du protège-dents, ainsi que l'influence des coéquipiers et des entraîneurs [60].

L' « Official Australian Dental Journal » a interrogé des joueurs de son XV de Rugby [61] sur les acteurs sources leur recommandant l'utilisation d'un protège-dents: le chirurgien-dentiste n'était pas l'acteur majoritaire mais la principale source venait du cercle proche de la famille et des amis (Figure 23).

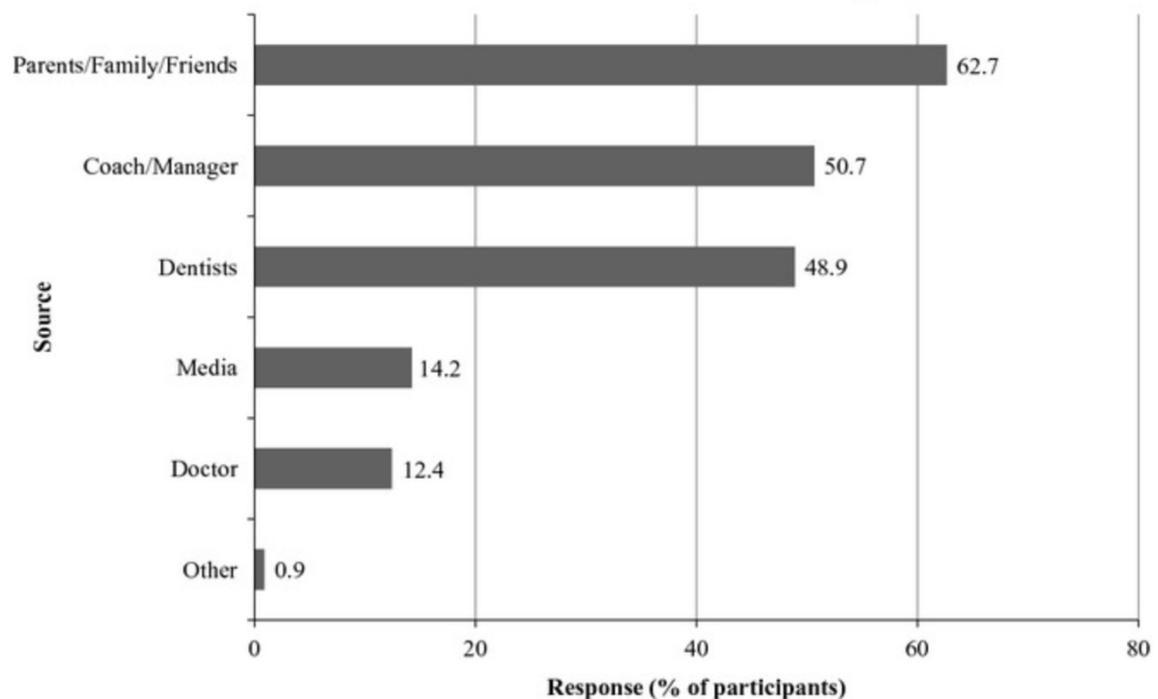


Figure 23. Sources conseillant l'utilisation d'un protège-dents aux joueurs [61].

Dans une étude menée par Galic *et al.* (2018) [62], il a été constaté que 44 % des athlètes participant à des sports tels que le water-polo, le karaté, le taekwondo et le handball estimaient que les protège-dents étaient inutiles.

Ce groupe spécifique d'athlètes n'avait cependant jamais connu de traumatisme dentaire.

Ce chiffre était significativement plus élevé que chez ceux qui avaient déjà connu un traumatisme dentaire : dans le cas, seuls 4,4% des athlètes continuaient à penser que le protège-dents était inutile [62].

### 4.3 Quelles sont les barrières à l'utilisation du protège-dents

Les barrières principales à l'utilisation de protège-dents selon une étude de Gould *et al.* (2016) [63] sont: l'encombrement, la stabilité, la respiration, l'éloquence, la sécheresse buccale et les nausées.

Dans l'étude de Collins *et al.* (2015) [32] réalisée dans l'Ohio aux Etats-Unis sur 1636 jeunes sportifs, les raisons les plus fréquentes données par les athlètes pour ne pas porter de protège-dents étaient qu'ils n'étaient pas obligés de le faire (65,3 %) et qu'ils sentaient qu'ils ne pouvaient pas respirer ou parler tout en en portant un (61,5 %) [32]. Les raisons de ne pas porter un protège-dents étaient les mêmes pour les deux sexes quel que soit le sport.

Parmi les athlètes qui avaient un protège-dents mais ne le portaient jamais, leurs raisons les plus courantes, pour les deux sexes, étaient "Je ne suis pas obligé de porter un protège-dents" (65,7 %), "Je ne peux pas respirer ou parler quand je porte un protège-dents" (54,5 %), "Mon entraîneur ne me dit pas de porter un protège-dents" (47,8 %) et "Personne d'autre dans mon équipe ne porte un protège-dents" (33,7 %) [32].

Une proportion plus importante d'athlètes qui n'avaient pas de protège-dents et ont décidé de ne pas en porter ont donné la raison "Je ne peux pas respirer ou parler quand je porte un protège-dents" (67,3 %).

La majorité des athlètes ont déclaré que leur entraîneur ne leur avait jamais parlé du port d'un protège-dents (87,3 %),

Dans l'ensemble, 64,5 % des athlètes ont déclaré que leurs parents ne leur avaient jamais parlé du port d'un protège-dents, tandis que 30,6 % ont déclaré que leurs parents leur avaient dit qu'ils devaient en porter un.

Une proportion plus importante d'athlètes masculins (72,5 %) que féminins (54,3 %) ont déclaré que leurs parents ne leur avaient jamais parlé du port d'un protège-dents [32].

Une autre barrière à son utilisation peut être le cout des protège-dents. Une enquête réalisée en Australie a interrogé 494 joueurs junior de la Ligue de Rugby et mentionne que le cout est un frein pour 40,1% d'entre eux [64].

« The Australian Dental Journal » a interrogé des joueurs de son XV de Rugby [61] sur les raisons pour lesquelles le protège-dents n'était pas porté ou pas apprécié.

Les raisons principales évoquées par les non porteurs étaient les difficultés à parler et respirer, bien qu'elles étaient rendues nulles avec le protège-dents de Type 3, ce sont majoritairement les non-porteurs qui évoquent ces raisons de non-port (Figure 24). Le cout a aussi été mentionné [61].

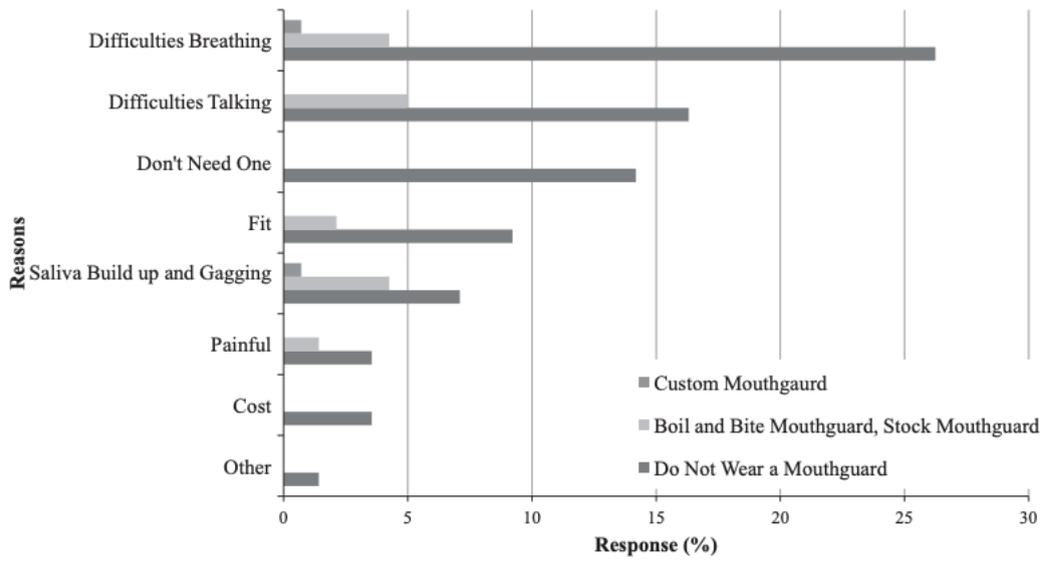


Figure 24. Raisons pour lesquelles les joueurs ne portaient ou n'aimaient pas porter un protège-dents [61].

## 4.4 Interventions de prévention

Les professionnels de la santé dentaire et les praticiens individuels devraient jouer un rôle important dans la promotion de l'utilisation du protège-dents pendant les activités sportives, ainsi que dans la promotion du développement de politiques visant à promouvoir l'utilisation du protège-dents dans les sports scolaires et les organisations sportives.

Des études [65–67] expliquent comment la promotion de l'utilisation du protège-dents pour les enfants et les adolescents permet de réduire les blessures oro-faciales liées aux sports et qu'elle doit être une collaboration de plusieurs individus, y compris les athlètes, les entraîneurs, les chirurgiens-dentistes, les pédiatres et d'autres professionnels.

La NATA<sup>2</sup> (The National Athletic Trainers' Association) recommande que les athlètes soient encouragés par les entraîneurs et les parents à porter des protège-dents correctement ajustés lors des activités sportives [63].

Tiryaki *et al.* (2017) [68] ont étudié chez des entraîneurs de basketball la perception concernant le port du protège-dents chez leurs athlètes: 98 % des entraîneurs croyaient que les protège-dents prévenaient les traumatismes oro-faciaux, mais que seulement 47 % les recommandaient à leurs joueurs.

Une étude menée par Sathyaprasad *et al.* (2018) [67] a constaté que **58 % des entraîneurs sportifs étaient conscients de l'existence des protège-dents**, mais que **64 % d'entre eux estimaient que les protège-dents avaient une influence négative sur les performances sportives**.

Les entraîneurs et les joueurs ont besoin d'être éduqués sur le risque élevé de blessures buccales pendant les sports de contact afin d'aider à accroître l'importance de la prévention des traumatismes bucco-faciaux.

Les chirurgiens-dentistes peuvent également jouer un rôle en assurant la conformité sur le port au long terme des protège-dents, en fournissant une éducation appropriée aux athlètes et en ajustant les protège-dents lorsque les utilisateurs signalent des difficultés respiratoires.

À l'image de la motivation à l'hygiène qui améliore la fréquence et la qualité des brossages, la motivation au port du protège dents doit être réalisée par le chirurgien-dentiste et par le personnel encadrant le sportif.

Des taux d'observances significativement différents ont été observés chez des jeunes sportifs pratiquant le basketball, avec et sans interventions de prévention sur le port du

---

<sup>2</sup> L'Association nationale des entraîneurs sportifs (NATA) est l'association professionnelle des entraîneurs sportifs certifiés et d'autres acteurs qui soutiennent la profession de l'entraînement sportif. Fondée en 1950 aux Etats-Unis la NATA compte aujourd'hui plus de 45 000 membres dans le monde.

protège-dent [69]. L'étude a été réalisée sur 60 participants, 30 avec motivation, 30 sans motivation au port du protège-dents (Figure 25). Les participants ont été réévalués à 3 mois (Step 1), 6 mois (Step 2) et 12 mois (Step 3).

Après 1 an, dans le **groupe sans motivation : 80% des athlètes avaient arrêté** le port du protège-dents (24 pour 30) ; concernant le **groupe motivation** au port du protège-dents : **seulement 23% avaient arrêté** de le porter (7 pour 30) (Figure 25).

Il y a une différence statistiquement significative dans le port du protège-dents entre les groupes sans motivation et avec motivation [69].

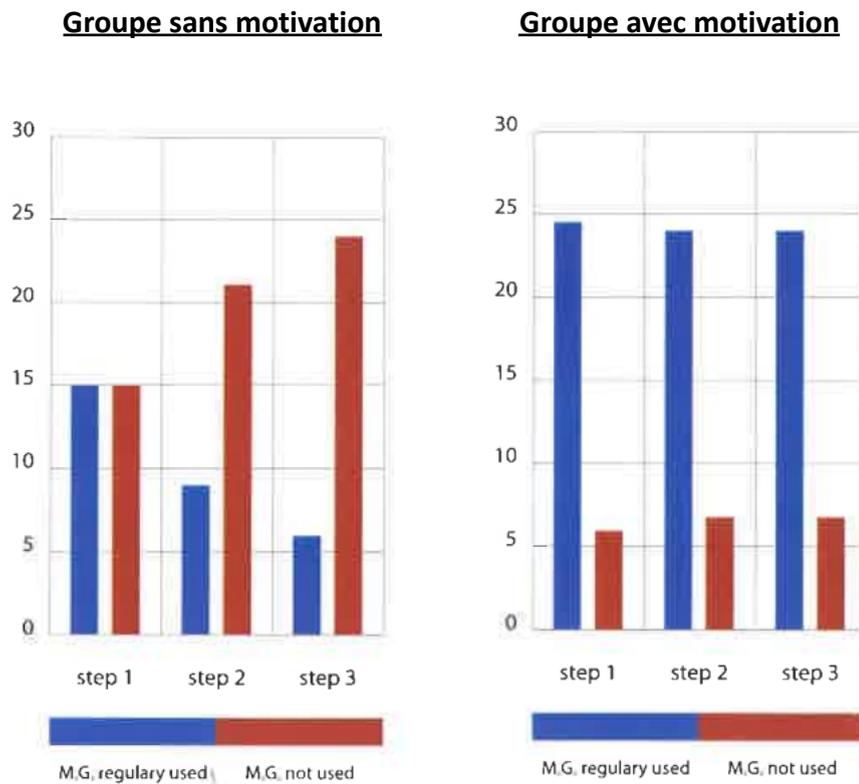


Figure 25. Influence de la motivation sur le port du protège-dents à long-terme [69].

**Au vu des résultats probant sur les interventions de prévention et des taux de prévalence très bas concernant le port du protège-dents, il semble indispensable de réaliser des interventions de prévention dans différents clubs et associations sportives.**

## 5 Protège-dents et impacts sur les performances du sportif

### 5.1 Protège-dents et filières énergétiques

#### 5.1.1 Définitions et rappels de la filière aérobie, des filières anaérobiques, de la VO2Max et de la lactatémie

##### Rappel sur la filière anaérobie alactique :

La filière anaérobie alactique est un processus métabolique qui permet de produire de l'énergie pour les **activités physiques de haute intensité, sans utilisation d'oxygène et sans production d'acide lactique.**

Elle se déroule dans les muscles et utilise les **phosphagènes** comme source d'énergie (telle que la phosphocréatine).

Les phosphagènes sont rapidement utilisés pour produire de l'ATP (adénosine triphosphate) sans utilisation d'oxygène ni production d'acide lactique, mais les stocks de phosphagènes sont limités dans les cellules musculaires.

Cette filière est utilisée pour les activités de courte durée et pour des **mouvements explosifs** car elle permet de produire de l'énergie rapidement et efficacement.

Cette filière est utilisée lorsque les besoins en énergie sont très élevés et que l'oxygène n'est pas disponible en quantité suffisante [70–72].

##### Rappel sur la filière anaérobie lactique :

La filière anaérobie lactique est un processus métabolique qui permet de produire de l'énergie pour les activités physiques de **haute intensité sans utiliser d'oxygène.** Il se déroule dans les muscles et utilise les sucres comme source d'énergie.

Les sucres sont brûlés sans l'oxygène pour produire de l'énergie et des déchets tels que l'acide lactique.

Cette filière est la principale source d'énergie pour les activités de courte durée comme les sprints ou les sauts car elle permet de produire de l'énergie rapidement et efficacement.

Cette filière se déroule dans les muscles squelettiques où les molécules de glucose sont brûlées pour produire de l'ATP (adénosine triphosphate), la source d'énergie utilisée par les cellules musculaires, cette fois-ci sans utiliser d'oxygène.

Elle est utilisée lorsque les besoins en énergie sont élevés et que l'oxygène n'est pas disponible en quantité suffisante [70–72].

### Rappel sur la filière aérobie ou aérobie lactique :

La filière aérobie lactique est un processus métabolique qui permet de produire de l'énergie pour les activités physiques de faible à moyenne intensité en utilisant l'oxygène.

Ce processus se déroule dans les muscles et utilise les sucres et les graisses comme source d'énergie.

Les sucres et les graisses sont brûlés **en présence d'oxygène** pour produire de l'énergie et des déchets tels que **l'acide lactique**.

Cependant, des taux élevés d'acide lactique peuvent causer de la fatigue musculaire et de la douleur, néfaste pour le sportif.

Cette filière est la principale source d'énergie pour les activités de **durée prolongée** car elle permet de produire de l'énergie de manière efficace et durable.

Elle se déroule dans les mitochondries des cellules musculaires, où les molécules de glucose et de graisse sont brûlées pour produire de l'ATP (adénosine triphosphate), la source d'énergie utilisée par les cellules musculaires.

Cette filière est utilisée lorsque les besoins en énergie sont modérés et que l'oxygène est disponible en quantité suffisante. Cette filière est plus efficace que la filière anaérobie car elle permet de produire de l'énergie de manière plus importante et de manière plus durable [70,71].

### Rappel sur la VO<sub>2</sub>max :

La VO<sub>2</sub> max (consommation maximale d'oxygène) est une mesure de l'aptitude d'une personne à utiliser de l'oxygène pour produire de l'énergie.

Elle est exprimée en millilitres d'oxygène par minute par kilogramme de poids corporel (mL/min/kg).

Cette mesure est utilisée pour évaluer la forme physique d'une personne et son potentiel d'endurance.

La VO<sub>2</sub> max est **liée directement à la filière aérobie**, car elle mesure la capacité des mitochondries des cellules à utiliser l'oxygène pour produire de l'énergie [73,74].

La figure 26 résume les différentes filières impliquées en fonction des besoins en énergie et de la durée de l'effort.

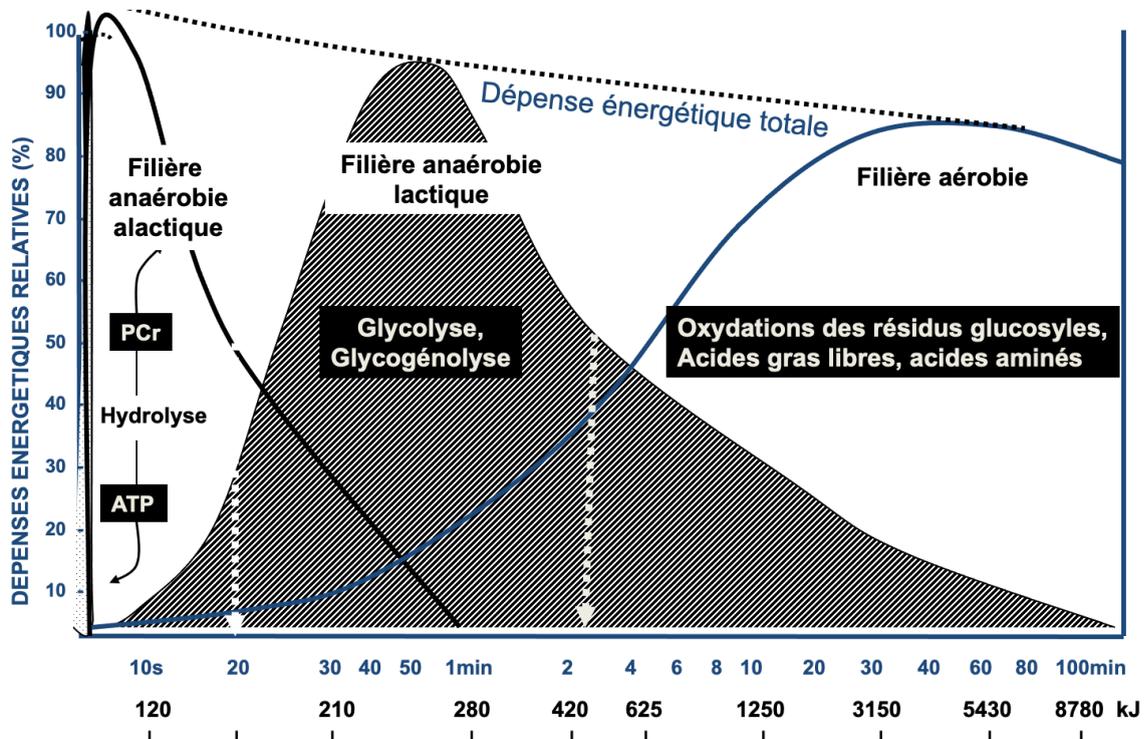


Figure 26. Courbe représentative des différentes filières énergétiques d'Howald, modifiée par Poortmans et Boisseau 2001 2003 ; *Biochimie des Activités Physiques*, page 19 [71].

### Rappel sur la lactatémie :

La lactatémie est la concentration de lactate dans le sang.

Le lactate est un métabolite produit par les muscles lorsqu'ils ont besoin d'énergie rapidement, en particulier lors d'exercices intenses et prolongés. L'accumulation excessive de lactate dans les muscles peut entraîner une fatigue musculaire et une diminution de la capacité musculaire à produire de la force et de l'endurance.

La lactatémie peut être utilisée pour évaluer la capacité d'un individu à effectuer un exercice, la surveillance de la lactatémie peut également être utile pour évaluer l'efficacité de l'entraînement et de la récupération chez les athlètes.

En règle générale, le seuil lactique est défini comme le point où l'accumulation de lactate dans le sang commence à dépasser sa capacité à être éliminé, ce qui conduit à une augmentation rapide de la lactatémie et à une détérioration de la fonction musculaire.

Ce seuil peut varier considérablement selon les individus, mais il est généralement considéré comme atteint lorsque la lactatémie dépasse environ 4 mmol/L [70,75,76].

### 5.1.2 Influences du protège-dents sur l'ouverture des voies respiratoires

Garner *et al.* [77] ont réalisé des scanners par tomodensitométrie (TDM), par section transversale de l'oropharynx de 10 participants, avec et sans protège-dents.

Les scanners ont montré une différence de la largeur moyenne de l'oropharynx (28,27 mm avec le protège-dents, contre 25,93 mm sans protège-dents,  $P = 0,029$ ) et une augmentation du diamètre moyen de celui-ci avec un protège-dents (12,17 mm contre 11,21 mm sans protège-dents,  $P = 0,096$ ).

Cette recherche suggère que le port du protège-dents devrait améliorer l'ouverture des voies respiratoires [77].

A noter également que les auteurs ont réalisé un test d'endurance de 30 minutes, durant lequel les niveaux de lactate sanguin chez les participants ont été réduits à 1,86 mmol/L chez les porteurs contre 2,72 mmol/L sans protège-dents.

### 5.1.3 Influence du protège-dents sur la puissance exercée

Morales *et al.* [78] ont étudié les effets du port d'un protège-dents sur la dynamique du flux d'air oral à l'aide des paramètres de performance sur un test anaérobie de Wingate (Figure 27) avec et sans protège-dents.

Le test de Wingate consiste à pédaler à pleine vitesse sur un vélo ergométrique pendant une durée de 30 secondes, en résistant à une force qui est adaptée en fonction du poids corporel du sujet (Figure 27).



Figure 27. Illustration du test anaérobie de Wingate [79].

Vingt-huit sujets masculins en bonne santé et sportifs (âge :  $24,50 \pm 3,32$  ans, taille :  $181,34 \pm 7,4$  cm, poids :  $78,14 \pm 8,21$  kg) ont été étudiés.

Les sujets ont d'abord été informés des protocoles de test, puis ont effectué un test de Wingate de 30 secondes couplé à des mesures de puissance et de lactatémie.

La puissance moyenne ( $W.kg^{-1}$ ), la puissance maximale ( $W.kg^{-1}$ ), le temps d'atteinte du pic de puissance maximal (s), et la production de lactates ( $mMol.L^{-1}$ ), ainsi que la perception de l'effort (RPE) ont été évalués.

Il y avait des différences significatives entre les conditions avec et sans protège-dents en ce qui concerne la puissance moyenne ( $W.kg^{-1}$ ), la puissance maximale ( $W.kg^{-1}$ ) et le temps d'atteinte du pic de puissance (s) donnant toujours l'avantage au protège-dents (Figure 28).

**Une production de lactates significativement plus faible ( $mMol.L^{-1}$ ) a également été observée dans la condition avec protège-dents, mais aucune différence significative n'a été trouvée en ce qui concerne la perception de l'effort [78].**

Wingate variables	No Mouthguard Mean (SEM)	With Mouthguard Mean (SEM)
Mean power BW ( $W kg^{-1}$ )	9.01 (.15)*	9.14 (.15)
Peak power BW ( $W kg^{-1}$ )	16.04 (.47)*	16.69 (.43)
Time to peak (s)	4.55 (.08)*	4.2 (.05)
Fatigue ( $W s^{-1}$ )	31.10 (1.53)*	28.32 (1.41)
Lactate ( $mmol L^{-1}$ )	11.91 (.34)*	11.01 (.35)

Figure 28. Comparaisons des variables de Wingate avec et sans protège-dents [78].

BW=Body Weight. SEM=Standard error of measurement

#### 5.1.4 Diminution du taux de lactate dans le sang et influence sur la VO2MAX

La filière anaérobie lactique est limitée par l'acidose intra-musculaire résultant de l'accumulation de lactates dans les mitochondries sans être réutilisées.

Cependant, des recherches [77,80–83] ont révélé que pour un effort de même intensité, les porteurs de protège-dents présentent un taux de lactate significativement plus faible dans le sang que les non-porteurs.

Cette réduction du taux de lactate permet aux sportifs de maintenir leur puissance d'exercice au même niveau pendant une période plus longue, améliorant ainsi leurs performances lors d'efforts de résistance. Une de ces études est présentée ci-dessous.

Le but de cette étude était d'évaluer les éventuelles limitations des protège-dents « ventilés<sup>3</sup> » (MGV) et sur mesure (MGC) sur les performances des joueurs de rugby par rapport aux joueurs sans protège-dents (NoMG).

Les effets ont été étudiés chez 13 joueurs masculins de rugby de première division âgés de 18 à 34 ans [80].

Tout d'abord, un test de la fonction pulmonaire a été effectué. Ensuite, un double test incrémental sur tapis roulant a été effectué pour mesurer les performances aérobiques maximales, la ventilation, le VO2 et le VCO2. Les relevés ont été effectués à l'aide d'un spiromètre relié à un logiciel d'acquisition de données (Figure 29) et la lactatémie par ponction sanguine au niveau du lobe d'oreille des participants.

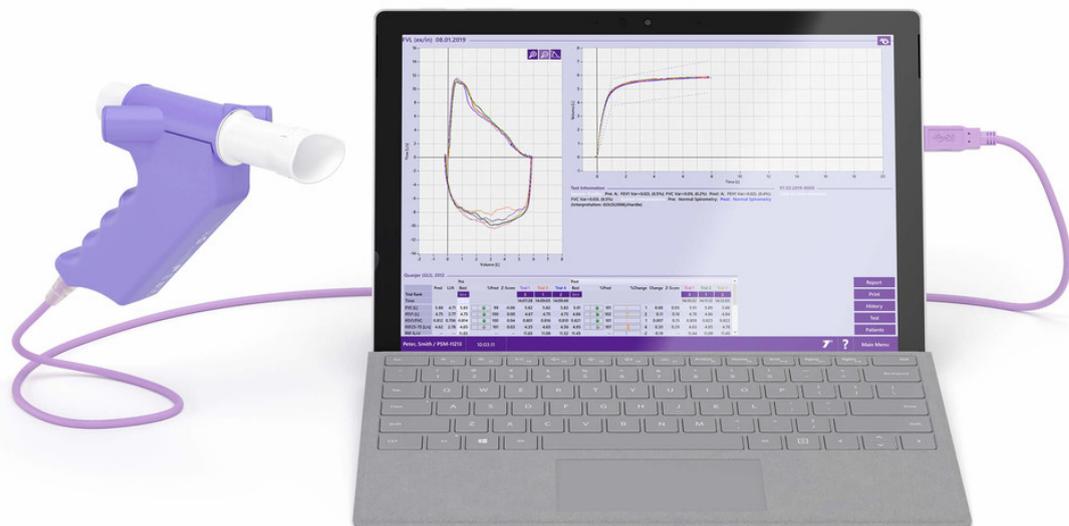


Figure 29. Spiromètre " ndd Medical Technologies " relié à un ordinateur pour l'acquisition des données [84].

<sup>3</sup> C'est-à-dire avec une fenêtre ouverte dans le protège-dents facilitant la ventilation, d'incisive latérale à incisive latérale

Le lactate sanguin maximal était significativement plus faible avec l'utilisation de protège-dents comparé au groupe sans protège-dents (environ 10 % inférieur pour le MG<sub>V</sub> et 4 % pour le MG<sub>C</sub>, respectivement) [80].

Il y avait une tendance à des valeurs de VO<sub>2</sub> plus élevées avec les protège-dents bien que les résultats ne soient pas significatifs statistiquement (Figure 30).

Une lactatémie plus faible associée à une VO<sub>2</sub> légèrement augmentée indiquerait plus probablement une amélioration du métabolisme aérobie plutôt qu'une diminution [80].

Parameter	Intensity	NoMG	MG <sub>V</sub>	MG <sub>C</sub>	p-value
VO <sub>2</sub> (ml×min <sup>-1</sup> )	sub	4461 (533)	4589 (570)	4697 (530)	n.s.
		(4139-4783)	(4245-4934)	(4376-5017)	
	max	4541 (575)	4608 (612)	4747 (598)	n.s.
		(4193-4888)	(4238-4978)	(4386-5108)	
VCO <sub>2</sub> (l×min <sup>-1</sup> )	sub	4895 (626)	5042 (611)	5045 (491)	n.s.
		(4517-5272)	(4673-5411)	(4748-5342)	
	max	5131 (640)	5131 (690)	5159 (646)	n.s.
		(4745-5518)	(4714-5548)	(4769-5549)	
Blood lactate (mmol×l <sup>-1</sup> )	pre	0.85 (0.19)	0.75 (0.14)	0.74 (0.11)	n.s.
		(0.73-0.97)	(0.66-0.83)	(0.67-0.81)	
	max	10.42 (2.27)	8.94 (1.89) *	9.42 (2.39) *	0.002 (NoMG vs. MG <sub>V</sub> )
		(9.06-11.79)	(7.82-10.06)	(7.98-10.86)	0.04 (NoMG vs. MG <sub>C</sub> )

Figure 30. Résultats des paramètres de VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub> et de lactatémie sans et avec protège-dents [80].

La diminution du taux de lactate semble être causée par l'ouverture des voies respiratoires dès le début de l'exercice physique, grâce à la modification de la position de la mandibule, qui permet un apport plus important d'oxygène: ainsi, la production d'acide lactique par la voie métabolique d'anaérobie lactique est retardée. Garner et McDivitt (58) ont émis l'hypothèse qu'une augmentation du diamètre des voies aériennes permettrait une élimination de CO<sub>2</sub> facilitée, ce qui explique les valeurs de lactate plus faibles avec l'utilisation de protège-dents.

Une étude de Quiroz *et al.* [85] voulant évaluer l'influence de différents types de protège-dents sur les performances physiques des joueuses de football donne des résultats positifs sur les VO<sub>2</sub> de ces participantes :

L'échantillon était composé de 25 joueuses de football du club "Guarani Futebol Clube", âgées de 18 à 22 ans.

Pour la collecte de données, un test de capacité aérobie et un test de Cooper<sup>4</sup> ont été effectués.

L'analyse des données a montré que le port d'un protège-dents de Type III augmente les valeurs de VO<sub>2</sub> et de capacité aérobie ( $P < 0,05$ ) de manière significative comparé à l'absence de porte de protège-dents ou du port d'un protège-dents de Type I ou II (Figure 31).

Test	Without protector		Type I		Type II		Type III	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Cooper	2243.2 B	344.4	2325.2 B	380.5	2340.8 B	369.4	2612.7 A	369.8
VO <sub>2</sub>	38.6 B	7.7	40.4 B	8.5	40.8 B	8.2	46.8 A	8.2

Means followed by different letters in the horizontal differ between them by the ANOVA test ( $P < 0.05$ ).

Figure 31. Résultats (moyenne et écart type – SD) des tests de Cooper (mètres), et VO<sub>2</sub> (ml/kg par min) sans protège-dents et avec des protège-dents de Types I, II et III (66).

Une étude de Dudgeon *et al* [86] a exploré les mécanismes possibles d'amélioration des performances en utilisant le protège-dents de Type 3.

En utilisant un essai randomisé, 15 hommes expérimentés dans la pratique de la musculation (âgés de 19 à 26 ans) ont effectué 6 séries de 10 répétitions de squats avec poids libres à 80% de leur 1RM<sup>5</sup> avec et sans protège-dents.

Des échantillons de sang ont été prélevés avant l'exercice, après 3 séries (milieu), immédiatement après (post-exercice), 30 min après (post-30), 60 min après (post-60) et 120 min après (post-120) l'exercice. Les échantillons ont été analysés pour mesurer la lactatémie et le taux de cortisol.

Les résultats de l'étude démontrent que l'utilisation du protège-dents a entraîné plus de répétitions effectuées ( $54,36 \pm 0,61$  contre  $53,27 \pm 0,79$ ,  $p = 0,046$ ).

Les **concentrations de lactate** étaient **plus faibles** dans le **groupe portant un protège-dents** par rapport au groupe témoin à la période Post ( $11,54 \pm 2,23$  vs  $13,07 \pm 2,96$  mmol/L,  $p = 0,023$ ), Post-30 ( $4,45 \pm 1,94$  vs  $5,41 \pm 1,90$  mmol/L,  $p = 0,021$ ) et Post-60 ( $2,07 \pm 0,94$  vs  $2,55 \pm 0,96$  mmol/L,  $p = 0,048$ ) (Figure 32).

<sup>4</sup> Le test de Cooper a été développé pour estimer de manière indirecte la consommation maximale d'oxygène sur le terrain, Le participant sportif doit courir pendant 12 minutes sur un terrain plat en tentant de parcourir la plus grande distance possible il est donc donné en « mètres ».

<sup>5</sup> 1RM signifie une répétition maximale, le poids maximum pouvant être soulevé une seule fois par un individu

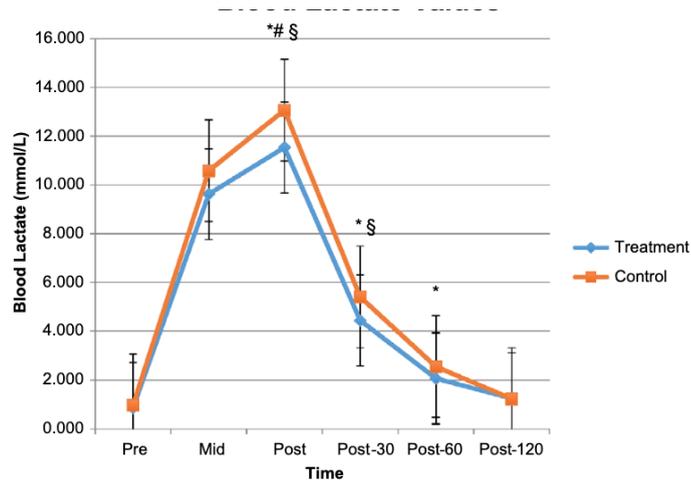


Figure 32. Lactatémies moyennes dans les groupes de traitement et de contrôle tout au long de la période de test [86].

## 5.2 Amélioration de la réponse au stress et du temps de récupération

Nous reprenons l'étude citée plus haut de de Dudgeon *et al* [86].

L'utilisation du protège-dents a également réduit les niveaux de cortisol à la période Mid et Post-30 ( $19,39 \pm 6,90$  vs  $27,84 \pm 14,56$   $\mu\text{g/dL}$ ,  $p = 0,02$ ) ( $22,91 \pm 8,47$  vs  $31,81 \pm 10,79$   $\mu\text{g/dL}$ ,  $p = 0,04$ ) (Figure 33).

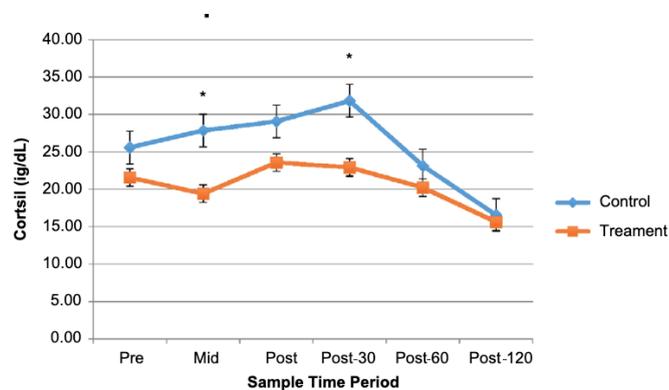


Figure 33. Valeurs moyennes de cortisolémie pour les groupes de traitement et de contrôle, avant, pendant et après l'exercice [86].

Ces données suggèrent que l'utilisation du protège-dents peut améliorer les performances et réduire le stress lors d'exercices de résistance intense.

Le port d'un protège-dents permet de réduire les taux de cortisol chez le sportif, ils sont plus faibles chez les porteurs de protège-dents que chez les non-porteurs, notamment lors d'activités physiques et sportives de haute intensité [86,87]: cela pourrait s'expliquer par la morsure d'un élément en bouche qui est un des éléments permettant la réduction du stress par l'activation de l'axe corticotrope [88,89].

Le taux de cortisol est un des marqueurs du stress. Moins de stress durant l'effort [90] signifie une récupération plus efficace et rapide et une charge de fatigue générée par l'exercice qui s'en retrouve diminuée [91]. L'athlète est moins épuisé par un même exercice, récupère plus rapidement, et lui permet de retourner plus rapidement à l'entraînement.

**La récupération est une pierre angulaire de la performance sportive. Si un athlète récupère plus rapidement, il peut retourner à l'entraînement plus tôt et s'entraîner plus intensément et plus fréquemment, ce qui accélère sa progression.**

**Les différents facteurs améliorés précédemment, tels que la réduction de la production de lactate pendant l'exercice et de cortisol post-exercice, ont un impact direct sur la récupération en réduisant la dette en oxygène, l'acidose post-exercice, les déchets musculaires et la cortisolémie.**

**Ainsi, bien que le port d'un protège-dents n'affecte pas directement la récupération, il peut jouer un rôle indirect en améliorant les facteurs qui influencent la récupération et, par conséquent, les performances futures du sportif.**

## 5.3 Impact du protège-dents sur la posture et le transfert de force

### 5.3.1 Approche posturale

L'occlusion dentaire et la posture sont étroitement liées. La position de la mâchoire et la façon dont les dents se touchent peuvent affecter la posture du corps. De même, une posture incorrecte peut entraîner des problèmes d'occlusion dentaire.

Des problèmes dentaires tels que les malocclusions et les para-fonctions peuvent entraîner une augmentation de la tension musculaire dans le cou, les épaules et le dos, conduisant à une posture incorrecte et des douleurs, le tout par phénomène de compensation posturo-musculaire [92].

Inversement, des problèmes de posture tels que la scoliose, la lordose, la cyphose et le torticolis peuvent affecter l'occlusion et les articulations temporo-mandibulaires en modifiant les forces qui s'exercent sur les dents et les articulations, ce qui peut entraîner des problèmes d'occlusion.

Une étude publiée dans la revue *Orthodontics and Craniofacial Research* a montré que des patients atteints de scoliose avaient une mâchoire plus courte et des incisives mandibulaires plus projetées vers l'avant que les témoins sans problèmes posturaux [93].

En corrigeant l'occlusion dysfonctionnelle à l'aide de gouttières thermoformées et équilibrées par le chirurgien-dentiste, certains patients retrouvent un équilibre postural dès l'instant où ils portent la gouttière [92].

Nous pourrions donc mimer ce phénomène à l'aide de protège-dents, notamment chez les patients déjà porteur d'un déséquilibre postural lié à leur occlusion.

Par le rééquilibrage, on permet une meilleure posture et un alignement optimisé des segments corporelles conduisant à des moments de force plus efficaces et donc à une meilleure création de force maximale.

Un athlète non-aligné devra fournir plus de force pour un même exercice. Outre donc l'augmentation de la force maximale, le port du protège-dents permettrait une meilleure économie de force, facteur de performance pour l'ensemble des sports.

Il a été démontré que le port d'un protège-dents provoque des changements dans certains mouvements spécifiques chez le sportif, en particulier dans l'inclinaison de sa colonne vertébrale [94].

Les protège-dents conduisent dans de nombreux cas à une posture en dérotation et en extension donc à une posture plus équilibrée.

Des changements dans la distribution de la pression plantaire ont également été observés lors du port d'un protège-dents personnalisé [94].

Inconsciemment, la tête est toujours tenue dans une posture permettant l'emboîtement optimal des dents.

### 5.3.2 Impact du protège-dents sur l'équilibre postural

Il existe une relation complexe entre la fonction stomatognathique (c'est-à-dire les fonctions de la bouche, comme la mastication et la position de la mâchoire) et l'équilibre postural (c'est-à-dire la capacité à maintenir l'équilibre lors de la position debout et du mouvement).

Plusieurs articles ont suggéré qu'il existe une relation entre la fonction stomatognathique et l'équilibre postural, tant pour l'équilibre statique (position immobile) [95–99] que dynamique [96–98,100,101].

En particulier, les articles ont souligné que des altérations de la fonction stomatognathique, comme une relation dentaire déséquilibrée ou l'absence de calages postérieures, peuvent influencer l'équilibre postural, tandis que des améliorations de la fonction stomatognathique (avec l'utilisation d'un protège-dents) peuvent améliorer l'équilibre postural immobile ou dynamique.

Nam *et al.* ont examiné l'influence d'un protège-dents personnalisé de Type 3 sur l'alignement corporel et les performances d'équilibre chez des joueurs professionnels de basketball.

Dans l'étude, vingt-trois joueurs professionnels de basketball masculins, âgés de  $25,8 \pm 8,6$  ans, ont été répartis dans 3 groupes :

- un groupe ne portant pas de protège-dents ;
- un groupe portant le protège-dents de manière ponctuelle ;
- un groupe portant le protège-dents de façon répétée (suivi sur 8 semaines avec port du protège-dents) [102].

Concernant les joueurs suivis sur 8 semaines, ils ont été encouragés à porter le protège-dents pendant au moins 3 heures par jour lors des entraînements de force et de conditionnement ainsi que lors des entraînements techniques.

Le statut de l'alignement corporel, tel que la posture spinale et pelvienne ainsi que les performances d'équilibre ont été mesurés à l'aide du système 4D ForMetric utilisant la vidéogramétrie pour effectuer ces mesures, et d'un dispositif de contrôle postural (Posturomed 202, Allemagne), respectivement Figure 34 et Figure 35.

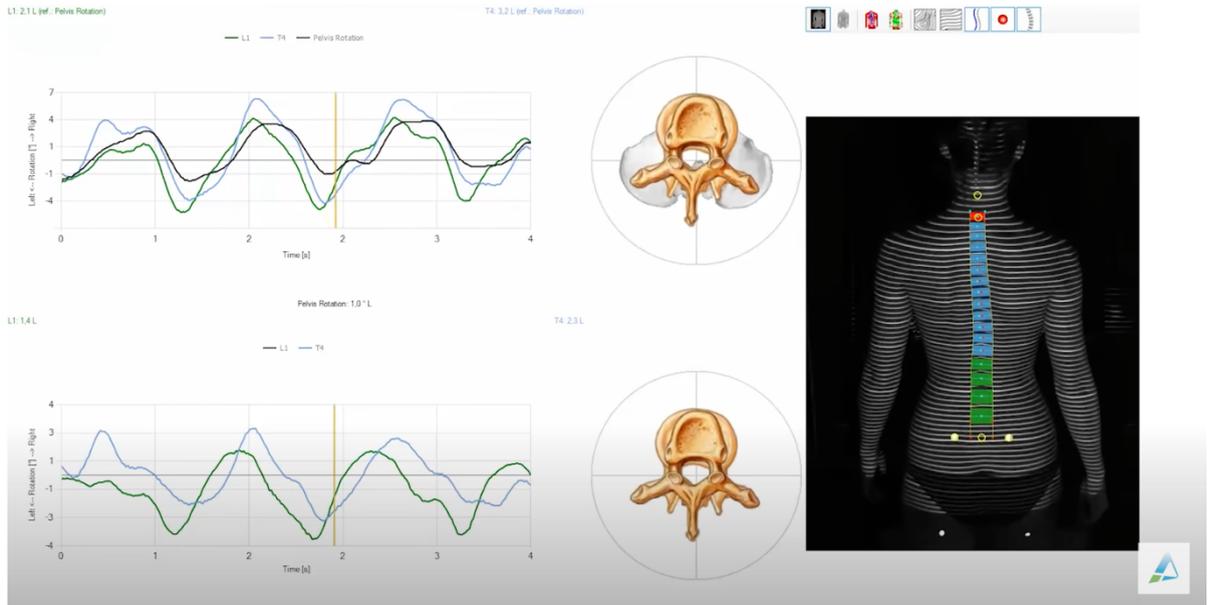


Figure 34. Représentation du système ForMetric4D (Screenshot YouTube) [103].



Figure 35. Posturomed 202 : appareil de mesure d'équilibre (Posturo-mètre) [104].

L'analyse a montré une diminution significative en torsion pelvienne, où elle a diminué après un traitement ponctuel et répété par rapport à l'absence de traitement ( $p < 0,001$ ).

L'angle cyphosique a également augmenté de manière significative après 8 semaines de traitement par rapport à l'absence de traitement ( $p < 0,001$ ) et au traitement ponctuel ( $p < 0,002$ ) [102].

**Le port du protège-dents a eu un effet significatif sur les performances d'équilibre ( $p < 0,001$ ). Les performances d'équilibre statique et dynamique ont toutes deux été améliorées après 8 semaines de traitement ( $p < 0,001$ ) [102].**

Cette étude a révélé qu'un protège-dents personnalisé de Type 3 présente un avantage pour les performances d'équilibre. De plus, le port répété d'un protège-dents améliore d'avantages les performances d'équilibre que le port ponctuel [102].

#### 5.4 Impact du protège-dents sur la force isométrique

En 2023, l'équipe de Miro *et al.* s'est intéressée à l'impact du port d'une protection bucco-dentaire sur l'activité musculaire et les forces des membres supérieures lorsque les exercices sont effectués en serrant les dents. Pour cela, 12 athlètes de ring Hockey ont été répartis en 3 groupes :

- un groupe serrant la mâchoire tout en portant un protège-dents (MG) ;
- un groupe serrant la mâchoire sans protège-dents (JAW) ;
- un groupe ne serrant pas la mâchoire (NON-JAW).

Pour cette étude, tous les participants portaient un protège-dents personnalisé de Type 3 réalisé chez un chirurgien-dentiste avec une mise en relation centrée [104].

Un des tests était de mesurer la force isométrique de préhension ou « Grip Test ». En position debout, les participants tiennent un dynamomètre dans la main « forte », avec le bras en abduction de 45 degrés et le coude complètement tendu. Après un essai pratique de préhension ferme, les participants ont été encouragés à générer leur pression maximale (Figure 36).



Figure 36. Poignée dynamométrique de la marque « TAKEI », en anglais « handgrip dynamometer » [106].

Les résultats montrent que la force maximale exercée était :

MG > JAW > NON-JAW avec respectivement une moyenne de 52.94Kg, 52.19kg et 49.81Kg de force exercée (Figure 37).

La différence de force exercée entre le port du protège-dents et le non-port avec serrage des mâchoires (MG. Vs JAW) n'était cependant pas significative statistiquement [105], bien qu'une légère augmentation ait été constatée.

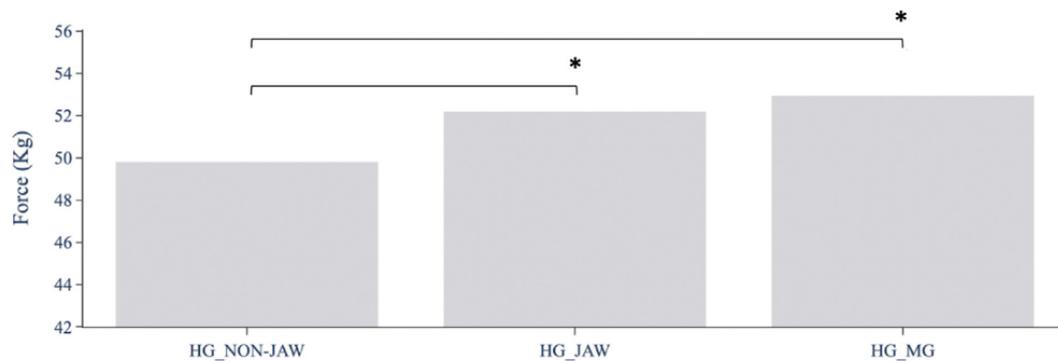


Figure 37. Force isométrique de préhension [105].

Un autre test de force isométrique a été réalisé sur un exercice de développé couché. Le test commence avec les participants allongés sur le banc, les pieds à plat sur le sol et les épaules touchant le banc. La position des mains sur la barre était choisie par le participant lui-même (pour un meilleur confort et une meilleure stabilité). La barre était fixée à une hauteur permettant une flexion du coude de 90 degrés.

Pendant les tentatives isométriques, la force maximale produite était mesurée avec une plateforme de force (Kistler 9260AA, Winterthur, Suisse), placée directement sous le banc et alignée avec la barre (Figure 38). La force maximale atteinte sous le développé-couché isométrique a été enregistrée par un système d'acquisition de données (Kistler 5695b, Winterthur, Suisse) à une fréquence d'échantillonnage de 1000 Hz et analysée avec le logiciel MARS (Kistler, Winterthur, Suisse).



Figure 38. Exécution du test de développé couché évaluant la force isométrique exercée [105].

Il y a eu un effet significatif sur la force isométrique exercée ( $p = 0,005$ ), la comparaison par paires a révélé une augmentation de la force maximale pour les conditions JAW ( $92,04 \pm 19,82$  Kg,  $p = 0,018$ ,  $d = 0,43$ ) et MG ( $94,44 \pm 18,21$  Kg,  $p = 0,024$ ,  $d = 0,58$ ) par rapport à la condition NON-JAW ( $83,41 \pm 19,84$  Kg) (Figure 39). Encore une fois la différence entre (MG. Vs. JAW) n'est pas significative statistiquement bien qu'une légère amélioration fût observée.

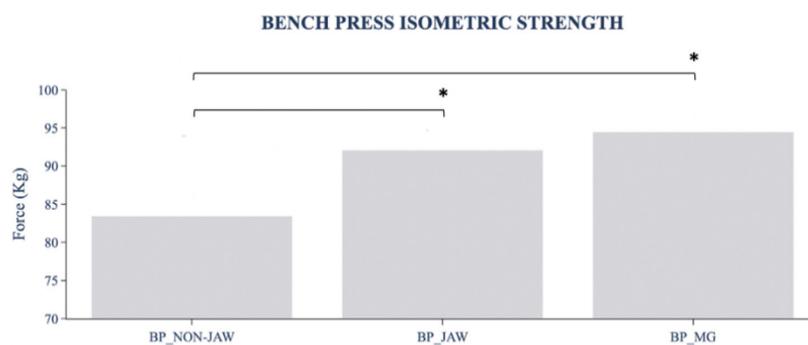


Figure 39. Comparaison de la force isométrique développée au développé couché entre les trois conditions de l'étude (NON-JAW, JAW and MG) [105].

Une autre étude de Buscà et *al.* [106] a également évalué la force isométrique de préhension en serrant les dents avec (Mouthpiece) et sans (Jaw) protège-dents ou en gardant la bouche entre-ouverte sans protège-dents (Non-Jaw).

Elle a été effectuée dans les mêmes conditions que l'étude précédente et avec le même modèle d'appareil de mesure cité plus haut.

Là encore, il y a une différence entre arcade serrée avec ou sans protège-dents et la force exercée bouche entre-ouverte, mais pas de différence significative entre arcade serrée avec protège-dents et arcade serrée sans protège-dents, malgré une tendance à la hausse de la force générée en serrant les dents avec un protège-dents en bouche [107] (Figure 40).

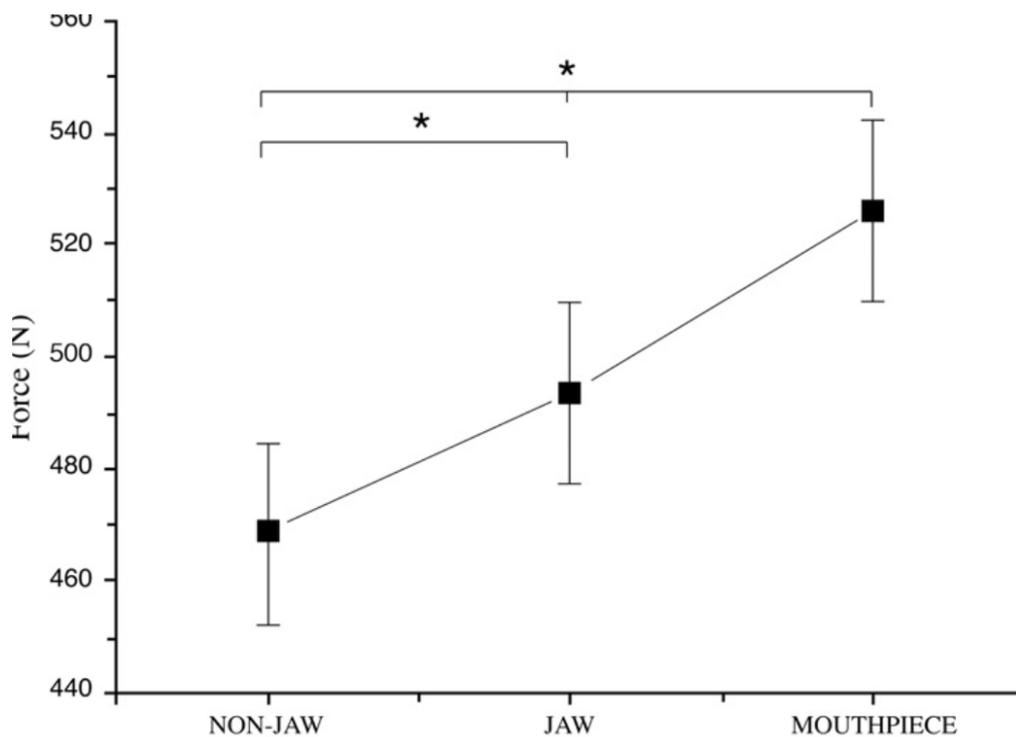


Figure 40. Force isométrique de préhension maximale exercée selon les 3 conditions [107].

Ils ont réalisé de plus un autre test sur un exercice de musculation nécessitant le tirage d'une charge, en technique « back row » (Figure 41), qui peut être traduit en français par « tirage vertical dos arrière en position semi-assise »



Figure 41. Représentation de l'exercice « back row » [108].

Ils ont mesuré les forces générées (en Newton par secondes) par les participants à 150ms 300ms et 450ms ainsi que le pic maximal de force atteint au cours de l'exercice (Figure 42).

L'analyse des résultats montre une différence significative, à savoir que les résultats étaient toujours meilleurs quand l'exercice est effectué avec un protège-dents (Figure 42) [107].

	BRW-150 (N·s <sup>-1</sup> )	BRW-300 (N·s <sup>-1</sup> )	BRW-450 (N·s <sup>-1</sup> )	BRW-peakforce (N)
NON-JAW	4.02 (0.28)	2.89 (0.18)	2.18 (0.11)	1,216.48 (44.290)
JAW	3.75 (0.27)	2.74 (0.15)	2.12 (0.09)	1,219.13 (47.085)
MP	5.25 (0.37)‡	3.37 (0.17)‡	2.54 (0.11)‡	1,322.39 (45.861)‡

\*BRW-150 = Back-row Rate of force development (0–150 milliseconds); BRW-300 = Back-row Rate of force development (0–350 milliseconds); BRW-450 = Back-row Rate of force development (0–450 milliseconds); BRW-peakforce = Back-row peak force; MP = mouthpiece.

‡Data are expressed as the mean (SEM).

‡Indicates a significant pairwise difference ( $p \leq 0.05$ ) between the 3 conditions.

Figure 42. Comparaisons de la force exercée au tirage vertical dos arrière en position semi-assise (ou « back row ») selon les trois conditions [107].

## 5.5 Impact sur le temps de réaction

Les études en sciences de l'exercice ont théorisé que l'utilisation d'un protège-dents peut améliorer les réponses aux stimuli sensoriels et que ces améliorations peuvent être liées à une amélioration de la position de l'articulation temporo-mandibulaire (ATM).

Des études ont suggéré qu'en améliorant la position de l'ATM, il y a une amélioration de la circulation sanguine dans la région de l'ATM. Les changements dans la position de l'ATM peuvent potentiellement être améliorés à l'aide d'un protège-dents en bouche.

Une étude a essayé de déterminer s'il y avait une amélioration des temps de réaction auditifs et visuels, avec l'utilisation d'un protège-dents fait sur mesure [109].

Avec un système d'acquisition des données (Figure 43), les participants à l'étude (N = 34) ont été invités à répondre à un signal auditif lors de 40 essais. Dans le test de temps de réaction visuelle, les participants (N = 13) ont été évalués sur leur rapidité à répondre à un signal informatique pour un total de 30 essais.

Les résultats auditifs ont montré une amélioration significative avec l'utilisation d'un protège-dents (241,44 ms) comparé à l'absence de ce dernier (249,94 ms).

Les résultats visuels ont montré que les participants ont légèrement mieux performé avec le protège-dents (285,55 ms) par rapport à ceux sans (287,55 ms).

Ces résultats suggèrent que l'utilisation d'un protège-dents peut avoir un effet positif sur les temps de réaction auditifs et visuels, qui ont un aspect crucial pour une performance sportive et physique optimale.

La puissance de l'étude reste faible, seulement 30 participants et les résultats ne sont pas très significatifs, bien qu'il y ait une légère amélioration des temps de réaction.

Les futures études devraient continuer à éclairer les raisons possibles quant à l'amélioration des temps de réaction auditifs et visuels avec un protège-dents en bouche.

De plus, les futures études devraient explorer davantage la relation, s'il y en a une, entre ces améliorations et une position améliorée de l'ATM.



Figure 43. Système d'acquisition des données informatiques [110].

## 5.6 Impact psychologique

L'utilisation d'un protège-dents peut avoir un impact significatif sur la psychologie des athlètes.

Le port d'un protège-dents peut augmenter la confiance en soi des athlètes, en se sentant mieux protégés contre les blessures oro-faciales.

Cela peut également les aider à se concentrer sur leurs performances plutôt que sur les blessures potentielles. En effet, lorsqu'un athlète est concentré sur la crainte de se faire blesser, il peut devenir plus prudent et moins agressif, ce qui peut affecter négativement ses performances.

Le port d'un protège-dents peut également aider les athlètes à se sentir plus professionnels et engagés dans leur pratique sportive. Cela peut renforcer leur motivation et leur détermination à améliorer leurs performances.

Stevens et *al.* ont interrogé par l'intermédiaire d'un questionnaire, 884 athlètes portant un protège-dents. Sur les douze questions, deux mentionnaient « Vous sentez vous plus confiant avec le port du protège dent » et « Vous sentez vous plus agressif avec le port du protège-dents » respectivement **56,9%** et **38,8%** des athlètes se **sentaient plus confiants** ou **plus agressifs** avec un protège-dents en bouche [17].

## 5.7 Effets sur l'élocution

Le protège-dents peut affecter la position et la mobilité de la langue, des lèvres et des joues, qui sont tous des éléments importants pour la production de sons précis lors de la parole.

Ainsi, il est possible que les sportifs qui utilisent un protège-dents rencontrent des difficultés d'élocution, ce qui peut affecter leur communication avec leurs coéquipiers, leurs entraîneurs et par conséquent, leurs performances sur le terrain.

Une étude réalisée sur des joueuses de football a évalué l'influence des différents types de protège-dents sur leur élocution [85].

L'échantillon était composé de 25 joueuses de football du club "Guarani Futebol Clube" au Brésil, âgées de 18 à 22 ans qui ont toutes reçues un questionnaire sur leur aptitude à communiquer avec différents types de protège-dents.

100 % des athlètes ont affirmé qu'il n'était pas possible de parler avec le protège-dents de Type I, 80 % (n = 20) avec le Type II, et aucun athlète n'a rencontré de difficulté à parler lors du port du protège-dents de Type III (Figure 44).

	Degree of difficulty						Able to speak			
	Low		Medium		High		Yes		No	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Mouthguard type I	0	0.0	2	9.0	20	91.0	0	0.0	25	100.0
Mouthguard type II	8	32.0	9	36.0	8	32.0	5	20.0	20	80.0
Mouthguard type III	18	72.0	0	0.0	0	0.0	25	100.0	0	0.0

Figure 44. Degrés de difficulté à l'élocution pour chaque type de protège-dents [85].

Une autre étude a été réalisée sur 431 étudiants du domaine médical ayant reçu des protège-dents de Type 2. Cette fois, les porteurs de protection de Type 2 n'ont éprouvé des difficultés d'élocution qu'à hauteur de 30% (30,17%) [111].

Les différences observées entre les études peuvent sans doute être expliquées par la différence du modèle de protège-dents de Type 2 qui n'était pas le même entre les deux études.

L'« Official Australian Dental Journal » a révélé dans son étude sur des joueurs du XV de Rugby Australien que : 5% à 15% des joueurs ayant un protège-dents de Type 2 ne le portaient pas ou n'aimaient pas le porter pour des raisons de difficulté d'élocution, ce chiffre tombait à 0% pour les protège-dents de Type 3 [61].

Le protège-dents de Type 3 ne semble pas engendrer de problèmes de délocution et pourrait être recommandé pour les sports d'équipe où la communication y est indispensable.

## 6 Effets concomitants du protège-dents et de la prise de boissons sportives sur le pH dentaire

L'influence des boissons sportives et du port d'un protège-dents sur le niveau de pH à la surface des dents a été examinée, et les résultats ont été publiés dans une étude de 2014.

Le niveau de pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre électrique pendant 30 minutes. Des boissons sportives (pH = 3,75) contenant 9,4 % de sucre ont été utilisées dans cette étude [112].

Les mesures ont été effectuées sur une cohorte de 30 sujets selon 6 conditions :

- sans protège-dents (témoins) ;
- portant uniquement un protège-dents (PD) ;
- portant un protège-dents après l'ingestion de 30 ml de boisson sportive (BS + PD) ;
- portant un protège-dents pendant un exercice de jogging de 5 minutes (PD + EX),
- portant un protège-dents pendant l'exercice de jogging **après** l'ingestion de boissons sportives (BS + PD + EX) ;
- portant un protège-dents et une boisson sportive était prise par-dessus le protège-dents (PD + BS, PD + EX + BS).

Le groupe protège-dents uniquement (PD) a montré un niveau de pH statistiquement plus élevé que le témoin ( $p < 0,05$ ), en raison du fait que la quantité de salive augmente quand un protège-dents est placé en bouche.

BS + PD a montré une réduction significative du niveau de pH, et BS + PD + EX a montré un niveau critique de pH inférieur à 5,5 chez certains sujets.

Lorsque les boissons sportives étaient prises après le port du protège-dents, aucune différence significative dans le niveau de pH n'a été observée parmi les différentes conditions.

Dans les limites de cette étude, il a été suggéré que le port d'un protège-dent pendant l'exercice n'est pas en soi un facteur de risque possible pour les lésions carieuses et qu'il pourrait au contraire par la salive induite, protéger des lésions carieuses par effet tampon de celle-ci.

**Concernant le port d'un protège-dents après la consommation de boissons sportives : son effet est délétère, il augmente l'acidité au niveau des dents en son contact, favorisant ainsi les lésions carieuses [112,113].**

## 7 Effets des protège-dents sur les muqueuses et la transmission bactérienne

### 7.1 Effets du protège-dents sur les muqueuses

Glass *et al.* ont rapporté une augmentation des lésions buccales chez les athlètes qui avaient utilisé des protège-dents de Type III pendant toute une saison sportive. Les lésions buccales ont augmenté en nombre et en intensité notamment des lésions d'hyperkératoses, d'érythèmes et d'ulcérations [23].

Un examen sur 62 joueurs en présaison sportive, a révélé un total de 85 lésions (1,4 lésion par joueur) sur la gencive (n = 17), la muqueuse buccale (n = 60) et le palais (n = 8).

À la fin de la saison, sur 53 joueurs (9 ayant été exclu de l'étude) il y avait 198 lésions (3,7 par joueur) sur la gencive (n = 96), la muqueuse buccale (n = 79), la langue (n = 18) et le palais (n = 5). De plus, l'intensité des lésions non prise en compte dans le décompte, ont progressivement augmenté au cours de la saison, on dénombre donc environ 2,64 fois de plus de lésions entre le début et la fin de saison (Figure 45).

Comme le palais n'entrait pas en contact direct avec le protège-dents porté, il a été utilisé comme témoin pour la comparaison [23].



Figure 45. Exemple de lésions buccales induite par l'utilisation du protège-dents chez un sportif, en fin de saison, montrant 3 types de lésions (hyperkératose, flèche noire ; érythèmes, flèches rouges ; ulcère, flèche blanche). Aucune de ces lésions n'a été notée lors de l'examen présaison [23].

## 7.2 Impact du protège-dents sur la transmission bactérienne

Les protège-dents mal nettoyés peuvent faciliter la transmission des microorganismes présents à leurs surfaces, par les zones rugueuses et pointues de leurs régions postérieures (Figure 46), et entrer dans la circulation sanguine par le plexus veineux ptérygoïdien (Figure 47) à proximité [115].

Ceci pouvant potentiellement être un des facteurs à l'origine d'une endocardite infectieuse [115,116].

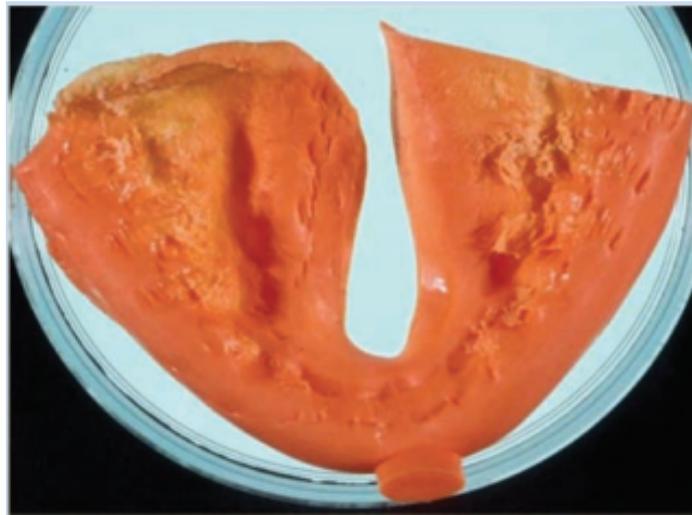


Figure 46. Protège-dents sportif typique après une saison d'utilisation. Les bords rugueux et usés sont de potentiels nids à bactéries pour les tissus avoisinants [115].

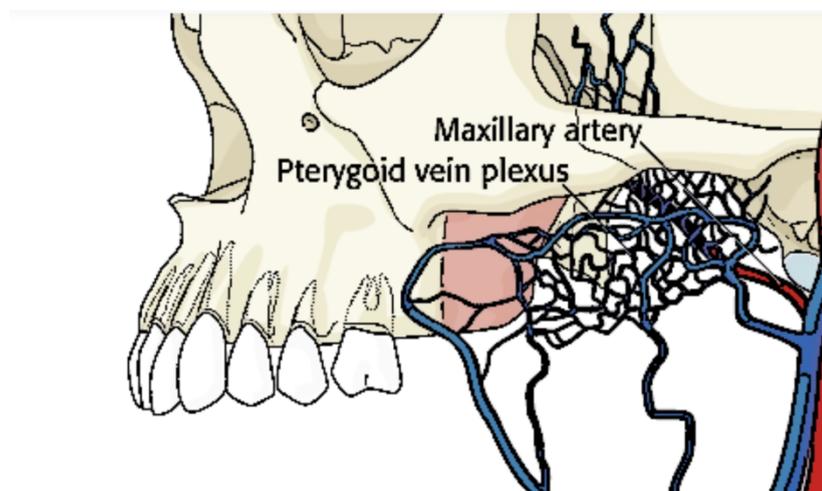


Figure 47. Représentation schématique du plexus veineux ptérygoïdien [117].

Il est ainsi fortement recommandé d'orienter nos patients vers un changement de protège dents, lorsque ceux-ci sont abîmés [23].

### 7.3 Entretien du protège-dents

Pour éviter la transmission de micro-organismes, une étude [114] a déterminé l'efficacité de différentes méthodes de désinfection sur des protège-dents en éthylène-vinyle-acétate (EVA), contaminés par de la salive et les microorganismes *Enterococcus faecalis* et *Candida albicans*.

Les traitements utilisés étaient :

- A. Non traité (A) ;
- B. 5 minutes avec de l'eau distillée stérilisée (B) ;
- C. 5 minutes avec du peroxyde d'hydrogène (C) ;
- D. 5 minutes avec une solution physiologique (D) ;
- E. Brossage avec une brosse à dents et du dentifrice au fluor (E) ;
- F. 5 minutes avec de l'hypochlorite de sodium 0,5% (F) ;
- G. 5 minutes avec Oral Care Foam <sup>TM6</sup> (G) ;
- H. 5 minutes avec Bite Sept <sup>TM7</sup>(H).

L'étude a utilisé la microscopie électronique à balayage pour évaluer la quantité de microorganismes colonisant les protège-dents (Figure 48).

---

<sup>6</sup> Oral Care Foam <sup>TM</sup> est composé des ingrédients actifs suivants : copolymère VP/VA, extrait de feuille d'Aloe Vera, extrait d'Argousier, extrait de *Punica Granatum* (Grenade), lactoferrine, lactoperoxydase, glucose oxydase, extrait de racine de réglisse, arginine, il est commercialisé comme une pâte de dentifrice à effet tensio-actif et éclaircissant.

<sup>7</sup> Bite Sept <sup>TM</sup> est une solution indiquée pour les protège-dents et est composée de <5% de tensioactifs cationiques, d'eau déionisée, de parfums, de médiateurs de solution et de désinfectants, et est un mélange synergique de composés quaternaires d'ammonium.

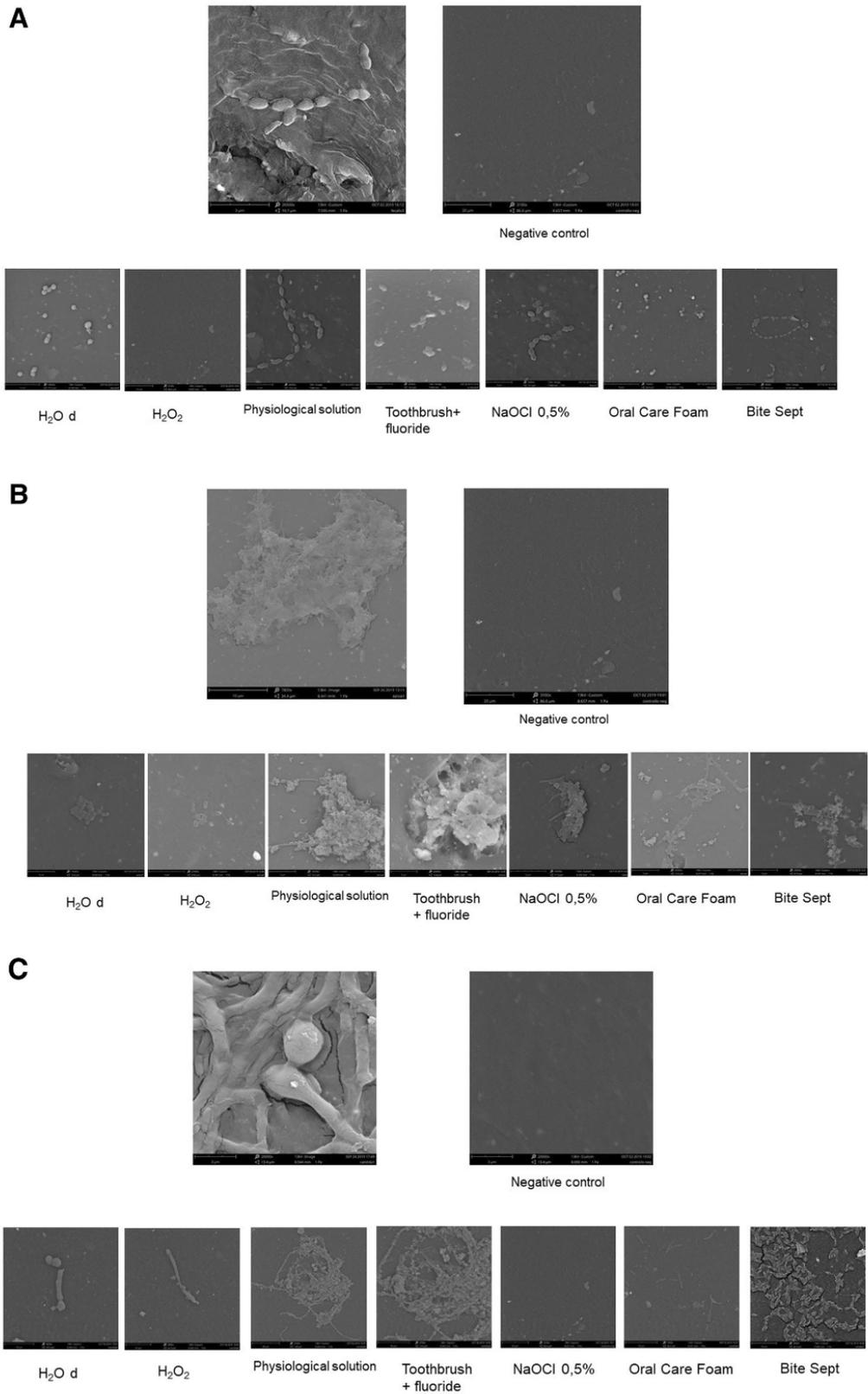


Figure 48. A : Images MEB (Microscopie électronique à balayage) d'adhésion d'*Enterococcus faecalis* sur un protège-dents en EVA, non traité et traité avec différents désinfectants. B : Images MEB de bactéries salivaires adhérentes au protège-dents en EVA, non traitées et traitées avec différents désinfectants. C : Images SEM de l'adhérence de *C. albicans* sur un protège-dents en EVA, non traité et traité avec différents désinfectants [114].

Les protège-dents ont été incubés à 37 °C (35 °C pour *C. albicans*) pendant 24 heures. Après l'incubation, le nombre d'unités de formation de colonies a été déterminé. L'activité antimicrobienne a été évaluée en comparant la croissance sur des protège-dents de contrôle et les protège-dents contaminés, et a été exprimée en pourcentage de réduction (Figure 49).

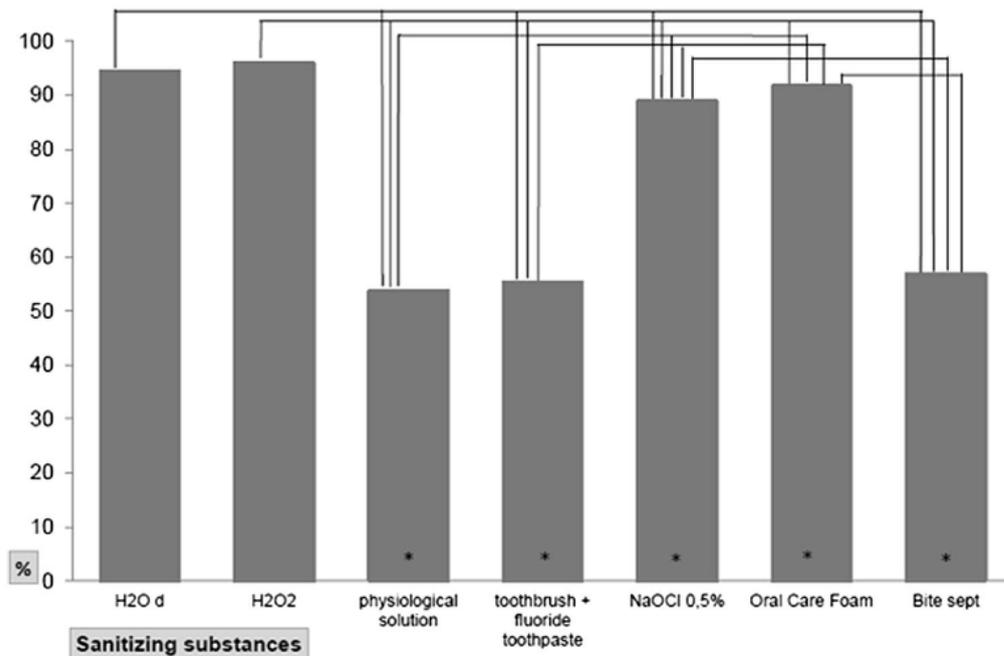


Figure 49. Pourcentage de réduction de la charge bactérienne sur les protège-dents contaminés par des bactéries salivaires, après utilisation des différents désinfectants,  $p < 0.05\%$  [114].

Les résultats les plus probants ont été obtenus par l'eau oxygénée, le peroxyde d'hydrogène, l'hypochlorite de sodium 5% et l'« Oral Care Foam™ » (désinfection supérieure à 90%), pour les autres : la solution physiologique, la brosse à dent avec fluor et le Bite Sept, la désinfection était inférieure à 60%.

Pour nos patients, nous devrions conseiller en plus de l'action mécanique du brossage, l'utilisation d'un produit désinfectant adapté. Attention toutefois à l'utilisation d'hypochlorite de Sodium 5% qui peut abîmer les protège-dents en les décolorant et en entraînant des rugosités à sa surface [118] et donc des colonisations bactériennes supérieures à long terme.

## 8 Coûts des traumatismes dentaires pour la santé publique

Les conséquences des traumatismes oro-faciaux pour les enfants et leurs familles sont considérables en raison du potentiel de douleur, des effets psychologiques et des implications économiques.

Les enfants ayant des traumatismes non traités sur les dents permanentes présentent des impacts plus importants sur leur vie quotidienne que ceux sans aucune blessure traumatique, selon le « Community Dentistry and Oral Epidemiology ».

Un impact de ces traumatismes sur la dentition pourrait enfreindre le fait de sourire sans gêne pendant une interaction sociale, empêcher une expression orale claire et confiante et réduire les interactions sociales [119,120].

Des coûts importants peuvent aussi s'accumuler tout au long de la vie d'un patient nécessitant un traitement orthodontique, restaurateur, endodontique, prothétique, implantaire ou chirurgical résultant du traumatisme dentaire.

Les coûts annuels de toutes les blessures, y compris les blessures oro-faciales, subies par les jeunes athlètes ont été estimés entre 500 millions et 1,8 milliard de dollars aux Etats-Unis [121].

Piccininni *et al.* ont estimé que le coût à vie d'une dent avulsée chez un jeune athlète adolescent peut atteindre facilement les 20 000 dollars [122].

Les blessures dentaires traumatiques ont des coûts indirects supplémentaires qui incluent les heures perdues par les enfants à l'école et les heures perdues par les parents au travail, des conséquences qui pèsent de manière disproportionnée sur les enfants à faible revenu et les enfants non assurés aux Etats-Unis.

Aux Etats-Unis de 1990 à 2003, il y avait en moyenne 22 000 blessures dentaires par an chez les enfants de moins de 18 ans. Cela représente environ 31,6 blessures dentaires pour 100 000 enfants et adolescents [123].

On estime que 30 à 45 millions d'enfants aux États-Unis participent à des sports collectifs soit environ 75% de l'ensemble des enfants américains [124,125].

Les données des Etats-Unis peuvent donner une idée du coût pour la société française du non-port du protège-dents, tout en sachant que le coût moyen du chirurgien-dentiste aux États-Unis est plus élevé qu'en France et que la population a une culture du sport différente de la nôtre.

## 9 Conclusion

En conclusion, les protège-dents sont des équipements de protection très efficaces pour prévenir les blessures dentaires chez les sportifs. Ils peuvent de plus probablement améliorer de nombreuses performances chez le sportif, telles que son oxygénation, sa réponse au stress, son temps de récupération, sa force isotonique et probablement d'autres aspects non encore étudiés.

Les différents types de protège-dents disponibles sur le marché offrent des niveaux variés de protection et de performance. Il est donc important de choisir le protège-dents qui convient le mieux à ses besoins et à sa discipline sportive. En effet, un protège-dents inapproprié peut entraîner des gênes et une diminution des performances, ce qui peut décourager les sportifs de les porter.

Pour augmenter la prévalence de l'utilisation du protège-dents chez les sportifs, il est important de mettre en place des interventions de prévention. Celles-ci peuvent inclure l'éducation des athlètes, des entraîneurs, des parents et même des professionnels de la santé sur les avantages et la nécessité du port du protège-dents, notamment dans les milieux sportifs à risque.

Les blessures dentaires sont fréquentes chez les sportifs, en particulier chez les jeunes pratiquant des sports de contact ou des sports à risque de chute. Les fractures dentaires peuvent entraîner des douleurs importantes, des problèmes fonctionnels, esthétiques et psychologiques à court et à long terme.

Certains sportifs ont à tort des préjugés contre le port du protège-dents, craignant qu'il entrave la respiration et réduise leurs performances. Cependant, une fabrication professionnelle par un chirurgien-dentiste peut au contraire améliorer les capacités physiques en favorisant une respiration optimale. Il est essentiel de sensibiliser les sportifs à l'importance de cette protection buccale pour prévenir les blessures sans compromettre leurs performances sportives.

Cependant, il est important de prendre en compte les effets potentiels sur les muqueuses et les transmissions bactériennes si celui-ci est mal entretenu afin d'éviter tout risque de contamination intra-oral.

## 10 Bibliographie

1. INJEP. Les chiffres clés du sport 2020 - INJEP - Collectif [Internet]. INJEP. [cited 2023 Jul 21]. Available from: <https://injep.fr/publication/les-chiffres-cles-du-sport-2020/>
2. A Subic. Materials in Sports Equipment - 2nd Edition. 2019.
3. Fernandes LM, Neto JCL, Lima TFR, Magno MB, Santiago BM, Cavalcanti YW, et al. The use of mouthguards and prevalence of dento-alveolar trauma among athletes: A systematic review and meta-analysis. *Dent Traumatol.* 2019;35:54–72.
4. Knapik JJ, Marshall SW, Lee RB, Darakjy SS, Jones SB, Mitchener TA, et al. Mouthguards in Sport Activities History, Physical Properties and Injury Prevention Effectiveness. *Sports Med.* 2007;37:117–44.
5. Reed RV. Origin and early history of the dental mouthpiece. *Br Dent J.* 1994;176:478–80.
6. Cheng E. 20 bouts between them: Jack Britton vs. Ted ‘Kid’ Lewis [Internet]. View Outs. Ropes. 2017 [cited 2023 Feb 17]. Available from: <https://insideandoutsidetheropes.wordpress.com/2017/08/24/20-bouts-jack-britton-vs-te-d-kid-lewis/>
7. BoxRec - Jack Sharkey vs. Mike McTigue [Internet]. [cited 2023 Apr 23]. Available from: [https://boxrec.com/wiki/index.php/Jack\\_Sharkey\\_vs.\\_Mike\\_McTigue](https://boxrec.com/wiki/index.php/Jack_Sharkey_vs._Mike_McTigue)
8. Union Française Santé Bucco Dentaire. Fiche-conseil-protege-dents.pdf [Internet]. [cited 2023 Jan 9]. Available from: <https://www.ufsbd.fr/wp-content/uploads/2016/06/Fiche-conseil-protege-dents.pdf>
9. Fédération Française de Boxe. Code-sportif-bea-2022-2023\_01102022.pdf [Internet]. [cited 2023 Feb 17]. Available from: [https://www.ffboxe.com/wp-content/uploads/2022/10/CODE-SPORTIF-BEA-2022-2023\\_01102022.pdf?\\_gl=1\\*\\_1ufctc3\\*\\_ga\\*NjQ1NDcxMjkwLjE2NzY2MjgxOTE.\\*\\_up\\*MQ..](https://www.ffboxe.com/wp-content/uploads/2022/10/CODE-SPORTIF-BEA-2022-2023_01102022.pdf?_gl=1*_1ufctc3*_ga*NjQ1NDcxMjkwLjE2NzY2MjgxOTE.*_up*MQ..)
10. Fédération Française de Karaté. Reglement\_muaythai\_combat.pdf [Internet]. [cited 2023 Feb 17]. Available from: [https://www.ffkmda.com/wp-content/uploads/2023/01/reglement\\_muaythai\\_combat.pdf](https://www.ffkmda.com/wp-content/uploads/2023/01/reglement_muaythai_combat.pdf)
11. Fédération Française de Hockey sur Gazon. Reglement-AS-2021.22\_VF.pdf [Internet]. [cited 2023 Feb 17]. Available from: [https://www.hockeyfrance.com/wp-content/uploads/2022/04/06-Reglement-AS-2021.22\\_VF.pdf](https://www.hockeyfrance.com/wp-content/uploads/2022/04/06-Reglement-AS-2021.22_VF.pdf)
12. Fédération Française de Karaté. Reglement-competitions-2022-2023-com-V12-au-25012023\_BD.pdf [Internet]. [cited 2023 Feb 19]. Available from: [https://www.ffkarate.fr/wp-content/uploads/2023/01/Reglement-competitions-2022-2023-com-V12-au-25012023\\_BD.pdf](https://www.ffkarate.fr/wp-content/uploads/2023/01/Reglement-competitions-2022-2023-com-V12-au-25012023_BD.pdf)
13. Fédération française de boxe. Règlement boxe [cited 2023 Feb 17]. Available from: [https://www.ffboxe.com/wp-content/uploads/2022/09/Regl-CFA-S-2022-.pdf?\\_gl=1\\*\\_1iqwag1\\*\\_ga\\*NjQ1NDcxMjkwLjE2NzY2MjgxOTE.\\*\\_up\\*MQ..](https://www.ffboxe.com/wp-content/uploads/2022/09/Regl-CFA-S-2022-.pdf?_gl=1*_1iqwag1*_ga*NjQ1NDcxMjkwLjE2NzY2MjgxOTE.*_up*MQ..)
14. Fédération Française de Rugby. Regles-du-jeu-dispositions-specifiques-ffr-saison-2022-2023.pdf [Internet]. [cited 2023 Feb 17]. Available from: <https://api.www.ffr.fr/wp-content/uploads/2023/01/regles-du-jeu-dispositions-specifiques-ffr-saison-2022-2023.pdf>
15. Légifrance. Code du sport. Article Annexe III-3 (art. R322-27) - Code du sport. [cited 2023 May 21]; Available from: [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000020896011](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000020896011)

16. Heintz WD. Mouth protectors: a progress report. *J Am Dent Assoc.* 1968;77:632–6.
17. Stevens OO. Mouth Protectors: evaluation of eleven types. *J Am Dent Assoc.* 1963;67:521–8.
18. Ranalli DN. Prevention of sports-related traumatic dental injuries. *Dent Clin North Am.* 2000;44:35–51.
19. Turner CH. Mouth protectors. *Br Dent J.* 1977;143:82–6.
20. Ranalli. Sports dentistry and dental traumatology. 2002 Volume 18, Issue 5 p231-236
21. Chapman PJ. Mouthguards and the role of Sporting Team Dentists. *Aust Dent J.* 1989;34:36–43.
22. J.Andreason. Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth, 4th Edition | Wiley - 2013
23. Richard.T. Protective Athletic Mouthguards: Do They Cause Harm?. 2009;(12) :8-9
24. Parker K, Marlow B, Patel N, Gill DS. A review of mouthguards: effectiveness, types, characteristics and indications for use. *Br Dent J.* 2017;222:629–33.
25. Newsome PRH, Tran DC, Cooke MS. The role of the mouthguard in the prevention of sports-related dental injuries: a review. *Int J Paediatr Dent.* 2001;11:396–404.
26. Poisson P, Bana DM. La protection intra-buccale. 2012;Inf dent. 2012; (22) : 1-6.
27. Jada. Mouth protectors and sports team dentists. *J Am Dent Assoc.* 1984;109:84–7.
28. Dentalcare O. mouth-formed-protectors-or-boil-and-bite [Internet]. [cited 2023 Feb 8]. Available from:  
<https://www.dentalcare.com/en-us/ce-courses/ce127/mouth-formed-protectors>,  
<https://www.dentalcare.com/en-us/ce-courses/ce127/mouth-formed-protectors>
29. Dentalcare. Mouth-formed-protectors.pdf [Internet]. [cited 2023 Feb 8]. Available from:  
[https://assets.ctfassets.net/u2qv1tdtbbu/4HqBCU9yHDWrRhj13lO7LF/87f12295c8ba8215488840018d1eb69d/ce127\\_7-21-20.pdf](https://assets.ctfassets.net/u2qv1tdtbbu/4HqBCU9yHDWrRhj13lO7LF/87f12295c8ba8215488840018d1eb69d/ce127_7-21-20.pdf)
30. Dentalcare. Mouth-thermoformed-protectors.pdf [Internet]. [cited 2023 Feb 14]. Available from:  
[https://assets.ctfassets.net/u2qv1tdtbbu/4HqBCU9yHDWrRhj13lO7LF/87f12295c8ba8215488840018d1eb69d/ce127\\_7-21-22.pdf](https://assets.ctfassets.net/u2qv1tdtbbu/4HqBCU9yHDWrRhj13lO7LF/87f12295c8ba8215488840018d1eb69d/ce127_7-21-22.pdf)
31. Ifkovits T, Kühl S, Connert T, Krastl G, Dagassan-Berndt1 D, Filippi A. Prevention of dental accidents in Swiss boxing clubs. *Swiss Dent J.* 2015;125:1322–35.
32. Collins CL, McKenzie LB, Roberts KJ, Fields SK, Comstock RD. Mouthguard BITES (Behavior, Impulsivity, Theory Evaluation Study): What Drives Mouthguard Use Among High School Basketball and Baseball/Softball Athletes. *J Prim Prev.* 2015;36:323–34.
33. Wisniewski - Dental Traumatology - Wiley Online Library. Incidence of cerebral concussions associated with type of mouthguard used in college football. 2004.
34. Patrick DG, Noort R van, Found MS. Scale of protection and the various types of sports mouthguard. *Br J Sports Med.* 2005;39:278–81.
35. Park JB, Shaull KL, Overton B, Donly KJ. Improving mouth guards. *J Prosthet Dent.* 1994;72:373–80.
36. Mizuhashi F, Koide K, Watarai Y. Fabrication of vacuum-formed and pressure-formed mouthguards using polyolefin sheet. *Int J Burns Trauma.* 2020;10:345–51.
37. Maeda Y, Kumamoto D, Yagi K, Ikebe K. Effectiveness and fabrication of mouthguards. *Dent Traumatol.* 2009;25:556–64.
38. Ricciardone MC. Protections intra-buccales du sportif. 2021
39. Westerman B, Stringfellow PM, Eccleston JA. The effect on energy absorption of hard inserts in laminated EVA mouthguards. *Aust Dent J.* 2000;45:21–3.
40. Mekayarajjananonth T, Winkler S, Wongthai P. Improved mouth guard design for protection and comfort. *J Prosthet Dent.* 1999;82:627–30.
41. Takahashi M, Bando Y. Thermoforming technique for maintaining the thickness of

- single-layer mouthguard during pressure formation. *Dent Traumatol.* 2019;35:285–90.
42. Austin Dent Sci. Mouthguard Thermoforming of Utilizing Characteristic of Elastomer. 2017 [cited 2023 Feb 20];2(1): 1009. Available from: <https://austinpublishinggroup.com/austin-dental-sciences/fulltext/ads-v2-id1009.php>
43. Newsome PRH, Tran DC, Cooke MS. The role of the mouthguard in the prevention of sports-related dental injuries: a review. *Int J Paediatr Dent.* 2001;11:396–404.
44. Waked EJ, Caputo AA. Thickness and stiffness characteristics of custom-made mouthguard materials. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. 2005;36:462–6.
45. Biasca N, Wirth S, Tegner Y. The avoidability of head and neck injuries in ice hockey: an historical review. *Br J Sports Med.* 2002;36:410–27.
46. Poisson P. Protection intrabuccale individuelle - Cahiers de Prothèse n° (137)-Volume1-2007.
47. MedicalExpo. Presse dentaire manuel by UAB BALTKOMEDA [Internet]. [cited 2023 Mar 9]. Available from: <https://www.medicaexpo.fr/prod/uab-baltkomeda/product-110018-875643.html>
48. MULTIPRESS ECO - Presse dentaire hydraulique by ROKO | MedicalExpo [Internet]. [cited 2023 Mar 9]. Available from: <https://www.medicaexpo.fr/prod/roko/product-73864-640809.html>
49. Ivoclarvivadent. Elastomer instructions of use. 957\_4bbb6b483785a8d54ff1da7dc4884554.pdf [Internet]. [cited 2023 Mar 9]. Available from: [https://ivodent.hu/\\_docs/957\\_4bbb6b483785a8d54ff1da7dc4884554.pdf](https://ivodent.hu/_docs/957_4bbb6b483785a8d54ff1da7dc4884554.pdf)
50. Ivoclarvivadent. SR Ivocap Heat-Cure Polymer [Internet]. [cited 2023 Mar 9]. Available from: [https://www.ivoclar.com/fr\\_fr/products/removable-prosthetics/sr-ivocap-heat-cure-polymer](https://www.ivoclar.com/fr_fr/products/removable-prosthetics/sr-ivocap-heat-cure-polymer)
51. Ivoclarvivadent. 588\_ef34fe4966720b38a848fdc620a1f184.pdf [Internet]. [cited 2023 Mar 9]. Available from: [https://ivodent.hu/\\_docs/588\\_ef34fe4966720b38a848fdc620a1f184.pdf](https://ivodent.hu/_docs/588_ef34fe4966720b38a848fdc620a1f184.pdf)
52. Hacquin M, Nguyen-Thi PL, Yasukawa K, Baudet A. Prevalence of orofacial trauma and the attitude towards mouthguard use in handball players: A survey in Lorraine, France. *Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol.* 2021;37:710–6.
53. Yamada T, Sawaki Y, Tomida S, Tohnai I, Ueda M. Oral injury and mouthguard usage by athletes in Japan. *Dent Traumatol.* 1998;14:84–7.
54. Bergman L, Milardović Ortolan S, Žarković D, Viskiće J, Jokić D, Mehulić K. Prevalence of dental trauma and use of mouthguards in professional handball players. *Dent Traumatol.* 2017;33:199–204.
55. Boffano P, Boffano M, Gallesio C, Rocca F, Cignetti R, Piana R. Rugby athletes' awareness and compliance in the use of mouthguards in the North West of Italy. *Dent Traumatol.* 2012;28:210–3.
56. Hendrick K, Farrelly P, Jagger R. Oro-facial injuries and mouthguard use in elite female field hockey players. *Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol.* 2008;24:189–92.
57. Bemelmans P, Pfeiffer P. Häufigkeit von Zahn-, Mund- und Kieferverletzungen und Bewährung von Mundschutzen bei Spitzensportlern. *Sportverletz · Sportschaden.* 2000;14:139–43.
58. Chalmers DJ. Mouthguards. *Sports Med.* 1998;25:339–49.
59. Moreira A, Fonte E, Clemente MP, Vasconcelos M. Orofacial Trauma Prevalence and Mouthguard Awareness in Basketball Players. *J Orthop Trauma.* 2019;
60. Strahinja V. British Journal of Sports Medicine | Patterns of orodental injury and mouthguard use in Dutch field hockey. 2015;11.
61. Ilija E, Metcalfe K, Heffernan M. Prevalence of dental trauma and use of mouthguards in rugby union players. *Aust Dent J.* 2014;59:473–81.
62. Galic T, Kuncic D, Poklepovic Pericic T, Galic I, Mihanovic F, Bozic J, et al.

- Knowledge and attitudes about sports-related dental injuries and mouthguard use in young athletes in four different contact sports-water polo, karate, taekwondo and handball. *Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol*. 2018;34:175–81.
63. Gould TE, Piland SG, Caswell SV, Ranalli D, Mills S, Ferrara MS, et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Preventing and Managing Sport-Related Dental and Oral Injuries. *J Athl Train*. 2016;51:821–39.
  64. Kroon J, Cox JA, Knight JE, Nevins PN, Kong WW. Mouthguard Use and Awareness of Junior Rugby League Players in the Gold Coast, Australia: A Need for More Education. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med*. 2016;26:128–32.
  65. Tanaka. Effect of mouthguards on impact to the craniomandibular complex - Dental Traumatology - Wiley Online Library. 2017;55:86-91
  66. Tuna EB, Ozel E. Factors Affecting Sports-Related Orofacial Injuries and the Importance of Mouthguards. *Sports Med*. 2014;44:777–83.
  67. Sathyaprasad S, Philip P, Vijaynath S, Neethu S, Rekha R. Attitude and awareness of using mouthguard among physical instructors in Sullia: A questionnaire study. *J Dent Res Rev*. 2018;5:124.
  68. Tiryaki M, Saygi G, Yildiz SO, Yildirim Z, Erdemir U, Yucel T. Prevalence of dental injuries and awareness regarding mouthguards among basketball players and coaches. *J Sports Med Phys Fitness*. 2017;57:1541–7.
  69. EJPD. Souakine mouth rinse solution protects deciduous enamel from simulated erosion in vitro.2014. 2014;1–5.
  70. Beneke R, Leithäuser RM, Ochentel O. Blood Lactate Diagnostics in Exercise Testing and Training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2011;6:8–24.
  71. IRBMS (Institut Régional Bien-être Médecine Santé) . Les différentes filières énergétiques [Internet]. 2014 [cited 2023 Jan 15]. Available from: <https://www.irbms.com/filieres-energetiques/>
  72. Baker JS, McCormick MC, Robergs RA. Interaction among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. *J Nutr Metab*. 2010;2010:1–13.
  73. Lary R. The Science of Fitness, 2015, VO2 Max - an overview.
  74. Lundby C, Montero D, Joyner M. Biology of VO2max: looking under the physiology lamp. *Acta Physiol*. 2017;220:218–28.
  75. Robert A. merican Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, Volume 287, Issue 3;491-695 Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. 2004.
  76. McArdle WD. Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance. 8th edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2015.
  77. Garner DP, McDivitt E. Effects of mouthpiece use on airway openings and lactate levels in healthy college males. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ*. 2009;30 Spec No 2:9–13.
  78. Morales J, Buscà B, Solana-Tramunt M, Miró A. Acute effects of jaw clenching using a customized mouthguard on anaerobic ability and ventilatory flows. *Hum Mov Sci*. 2015;44:270–6.
  79. Janic L. Le test de Wingate: un test de puissance et de capacité anaérobie [Internet]. 2016 [cited 2023 Mar 28]. Available from: <https://janiclessardforcier.com/preparation-physique/le-test-de-wingate/>
  80. Schulze A, Kwast S, Busse M. Influence of Mouthguards on Physiological Responses in Rugby. *Sports Med Int Open*. 2019;3:E25–31.
  81. Bailey SP, Willauer TJ, Balilionis G, Wilson LE, Salley JT, Bailey EK, et al. Effects of an over-the-counter vented mouthguard on cardiorespiratory responses to exercise and physical agility. *J Strength Cond Res*. 2015;29:678–84.
  82. Garner DP. Effects of various mouthpieces on respiratory physiology during steady-state exercise in college-aged subjects. *Gen Dent*. 2015;63:30–4.
  83. Schulze A, Kwast S, Busse M. Effects of a Vented Mouthguard on Performance and

- Ventilation in a Basketball Field Setting. *J Sports Sci Med*. 2019;18:384–5.
84. Ndd Medical Technologies.- PC-gestütztes Spirometer – Easy on-PC [Internet]. [cited 2023 Mar 29]. Available from: <https://nddmed.com/de/produkte/spirometer/easy-on-pc>
85. Queiróz AFVR, de Brito Jr RB, Ramacciato JC, Motta RHL, Flório FM. Influence of mouthguards on the physical performance of soccer players. *Dent Traumatol*. 2013;29:450–4.
86. W.Dudgeon. Niall MacFarlane (Reviewing Editor) Mouthpiece use during heavy resistance exercise affects serum cortisol and lactate. 2017.
87. 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;25:2866–71.
88. Miyahara T, Hagiya N, Ohyama T, Nakamura Y. Modulation of human soleus H reflex in association with voluntary clenching of the teeth. *J Neurophysiol*. 1996;76:2033–41.
89. Tahara Y, Sakurai K, Ando T. Influence of chewing and clenching on salivary cortisol levels as an indicator of stress. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont*. 2007;16:129–35.
90. Hori N, Yuyama N, Tamura K. Biting suppresses stress-induced expression of corticotropin-releasing factor (CRF) in the rat hypothalamus. *J Dent Res*. 2004;83:124–8.
91. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med Auckl NZ*. 2005;35:339–61.
92. Dupas. *Occlusodontie et posture*. Editions CdP; 2021.
93. Liu S, Oh H, Chambers DW, Baumrind S, Xu T. Validity of the American Board of Orthodontics Discrepancy Index and the Peer Assessment Rating Index for comprehensive evaluation of malocclusion severity. *Orthod Craniofac Res*. 2017;20:140–5.
94. Ohlendorf D, Romdhane M, Lehmann C, Lehmann S, Kopp S, Maurer-Grubinger C, et al. Effect of a sports mouthguard on the functional range of motion of the spine and the upper body posture in taekwondo. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2021;13:5.
95. Sakaguchi K, Mehta NR, Abdallah EF, Forgione AG, Hirayama H, Kawasaki T, et al. Examination of the Relationship Between Mandibular Position and Body Posture. *Cranio®*. 2007;25:237–49.
96. Wakano S, Takeda T, Nakajima K, Kurokawa K, Ishigami K. Effect of experimental horizontal mandibular deviation on dynamic balance. *J Prosthodont Res*. 2011;55:228–33.
97. Fujino S, Takahashi T, Ueno T. Influence of voluntary teeth clenching on the stabilization of postural stance disturbed by electrical stimulation of unilateral lower limb. *Gait Posture*. 2010;31:122–5.
98. Tardieu C, Dumitrescu M, Giraudeau A, Blanc J-L, Cheynet F, Borel L. Dental occlusion and postural control in adults. *Neurosci Lett*. 2009;450:221–4.
99. Bergamini M, Pierleoni F, Gizdulich A, Bergamini C. Dental Occlusion and Body Posture: A Surface EMG Study. *Cranio®*. 2008;26:25–32.
100. Miles TS, Flavel SC, Nordstrom MA. Control of human mandibular posture during locomotion. *J Physiol*. 2004;554:216–26.
101. 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.
102. Nam HJ, Lee J-H, Hong D-S, Jung HC. The Effect of Wearing a Customized Mouthguard on Body Alignment and Balance Performance in Professional Basketball Players. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:6431.
103. Diers. DIERS 4D motion® Lab - Examination Procedure - YouTube [Internet]. [cité 1 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=6HASPJ-cZ2I>

104. Bioswing. Haider Bioswing Posturomed 202 [Internet]. [cited 2023 May 18]. Available from: <https://shop.ergoobject.de/products/haider-bioswing-posturomed>
105. Miró A, Buscà B, Arboix-Alió J, Huertas P, Aguilera-Castells J. Acute effects of jaw clenching while wearing a customized bite-aligning mouthguard on muscle activity and force production during maximal upper body isometric strength. *J Exerc Sci Fit.* 2023;21:157–64.
106. Takei. Hand Grip Dynamometer [Internet]. HaB Direct. [cited 2023 Mar 19]. Available from: <https://www.habdirect.co.uk/product/takei-hand-grip-dynamometer/>
107. 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.* 2016;30:1102.
108. Strength Warehouse. Back & Lat Machines - Pulldowns, Seated Rows, T-Bar Row Machines [Internet]. Strength Wareh. USA. [cited 2023 May 21]. Available from: <https://strengthwarehouseusa.com/collections/back-and-lat-machines>
109. Dena P. G Jenni Miskimin. Effects of Mouthpiece use on Auditory and Visual Reaction Time in College Males and Females. 2009. Volume3. Issue 2.
110. Biopac. Data Acquisition, Loggers, Amplifiers, Transducers, Electrodes | [Internet]. Biopac Syst. Inc. [cited 2023 Mar 13]. Available from: <https://www.biopac.com/>
111. Tanaka Y, Maeda Y, Yang T-C, Ando T, Tauchi Y, Miyanaga H. Prevention of orofacial injury via the use of mouthguards among young male rugby players. *Int J Sports Med.* 2015;36:254–61.
112. Maeda Y, Yang T-C, Miyanaga H, Tanaka Y, Ikebe K, Akimoto N. Mouthguard and Sports Drinks on Tooth Surface pH. *Int J Sports Med.* 2014;35:871–3.
113. Lloyd JD, Nakamura WS, Maeda Y, Takeda T, Leesungbok R, Lazarchik D, et al. Mouthguards and their use in sports: Report of the 1st International Sports Dentistry Workshop, 2016. *Dent Traumatol.* 2017;33:421–6.
114. D’Ercole S, Tieri M, Martinelli D, Ciaravino C, Fulco D, Tripodi D. Microbial Contamination and Disinfection of Sport Mouthguard: In Vitro Study. *Curr Microbiol.* 2020;77:246–53.
115. Glass RT, Conrad RS, Köhler GA, Warren AJ, Bullard JW. Microbiota Found in Protective Athletic Mouthguards. *Sports Health Multidiscip Approach.* 2011;3:244–8.
116. Mańka-Malara K, Trzaskowski M, Gawlak D. The Influence of Decontamination Procedures on the Surface of Two Polymeric Liners Used in Prosthodontics. *Polymers.* 2021;13:4340.
117. Golub B, Bordoni B. Figure showing the pterygoid venous plexus. Contributed by Bruno Bordoni, PhD. Neuroanatomy, Pterygoid Plexus Copyright © 2022, StatPearls Publishing LLC.
118. Yildirim-Bicer AZ, Peker I, Akca G, Celik I. In Vitro Antifungal Evaluation of Seven Different Disinfectants on Acrylic Resins. *BioMed Res Int.* 2014;2014:1–9.
119. Berger TD, Kenny DJ, Casas MJ, Barrett EJ, Lawrence HP. Effects of severe dentoalveolar trauma on the quality-of-life of children and parents. *Dent Traumatol.* 2009;25:462–9.
120. Ilma de Souza Cortes M, Marcenes W, Sheiham A. Impact of traumatic injuries to the permanent teeth on the oral health-related quality of life in 12–14-year-old children. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2002;30:193–8.
121. Welch CL, Thomson WM, Kennedy R. ACC claims for sports-related dental trauma from 1999 to 2008: a retrospective analysis. *N Z Dent J.* 2010;106:137–42.
122. Piccininni P, Clough A, Padilla R, Piccininni G. Dental and Orofacial Injuries. *Clin Sports Med.* 2017;36:369–405.
123. Lalloo R. Risk factors for major injuries to the face and teeth. *Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol.* 2003;19:12–4.
124. Bauss O, Röhling J, Schwestka-Polly R. Prevalence of traumatic injuries to the

permanent incisors in candidates for orthodontic treatment. *Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol.* 2004;20:61–6.

125. Sabuncuoglu O. Traumatic dental injuries and attention-deficit/hyperactivity disorder: is there a link? *Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol.* 2007;23:137–42.

L'influence du protège-dents sur les capacités physiques du sportif et son environnement buccal. / **EL MOKDAD Ryan.**- p. (78) ; réf. (125).

**Domaines : PROTHESES**

**Mots clés :** Protège-dents, Sport, France, Prévalences, Interventions de prévention, Performances du sportif, Filières énergétiques, Réponse au stress, Posture, Équilibre postural, Force isométrique, Temps de réaction, Impact psychologique, Élocution, pH dentaire, Muqueuses, Transmission bactérienne, Entretien du protège-dents, Traumatismes dentaires, Santé publique.

**Résumé de la thèse :**

Le port du protège-dents est souvent sous-estimé par de nombreux sportifs en raison de la croyance populaire selon laquelle il pourrait entraver leur performance sportive.

Cette thèse s'attache à réfuter ce préjugé en mettant en évidence que, lorsqu'il est conçu par un professionnel de la chirurgie dentaire, le protège-dents offre non seulement une protection efficace contre les traumatismes bucco-dentaires, mais également une absence d'impact négatif sur les performances sportives. Dans certains cas, il est même susceptible de les améliorer.

**JURY :**

**Président :** Monsieur le Docteur Philippe Boitelle

**Assesseurs :** Madame le Docteur Céline Catteau,  
Monsieur le Docteur Grégoire Lemaire,  
Monsieur le Docteur Jérôme Vandomme.

**Adresse de l'auteur :**