Revue de la littérature

Intérêt des protège-dents pour l'amélioration des performances physiques et sportives : revue de 50 ans de recherche médicale

Mathieu Gunepin^{1*}, Florence Derache², Jean-Éric Blatteau³, Marion Trousselard⁴, Olivier Castagna¹, Jean-Jacques Risso¹

¹ Équipe résidente de recherche subaquatique opérationnelle de l'Institut de recherche biomédicale des armées, BP 600, 83800 Toulon Cedex 09, France

² Centre médical des armées de Draguignan, BP 400, 83007 Draguignan Cedex, France

³ Service de médecine hyperbare et d'expertise de la plongée de l'hôpital d'instruction des armées Sainte-Anne de Toulon, BP 600, 83800 Toulon Cedex 09, France

⁴ Unité de neurophysiologie du stress. Département des neurosciences et contraintes opérationnelles. Institut de recherche biomédicale des armées, BP 73, 91223 Brétigny-sur-Orge Cedex, France

(Reçu le 22 mars 2016, accepté le 19 mai 2016)

Mots clés :
endurance /
performance /
protège-dents /
résistance / stress

Résumé – Introduction : Depuis leur apparition dans les années 1890, les protège-dents ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche. Sur la base des résultats de ces études, le port d'un protège-dents est recommandé pour prévenir la survenue de lésions orofaciales lors de la pratique de certaines activités sportives. Depuis les années 1960, un nouveau type de protège-dents est apparu : le protège-dents de performance. Selon ses concepteurs et ses fabricants, ce dispositif permet notamment d'améliorer l'endurance, la force, la puissance musculaire, le temps de réaction, l'amplitude et la précision des mouvements, les capacités de récupération, la proprioception et de diminuer la fatigue et le stress. **Revue de la littérature :** Une revue de 50 ans de recherches relatives au protège-dents de performance met en évidence des résultats contradictoires. Ce constat est la conséquence de l'inhomogénéité des études qui portent sur des protège-dents, des paramètres physiologiques et biologiques, des groupes musculaires différents, des activités sportives différentes. **Conclusion :** Actuellement, l'amélioration des performances par le port d'un protège-dents est une hypothèse. Cependant, les essais cliniques contrôlés randomisés les plus récents tendent à la valider. L'harmonisation des protocoles de recherche pourrait donc permettre de transformer cette hypothèse en certitude dans les années à venir.

Key words:
endurance /
performance /
mouthguard /
resistance / stress

Abstract – Potential of mouthguards for enhancing sport and physical performances: a review of 50 years of medical research. Introduction: Since their appearance in the 1890s, mouthguards have been the subject of numerous research studies. Based on the results of these studies, the use of mouthguard is recommended for the prevention of orofacial lesions in some sports. Since the mid-1960, a new type of mouthguard appeared: the performance mouthguard. According to its manufacturers and creators, this appliance particularly enables to improve endurance, strength, muscular power, reaction time, precision of movements, recovery capacity, range of motion, concentration and proprioception, and to decrease fatigue and stress. **Literature review:** A review of 50 years of medical research on performance mouthguards shows contradictory results. This reflects the inhomogeneity of studies which focus on different mouthguards, parameters recorded, muscular groups and sports. **Conclusion:** At the moment, the enhancement of performance by using a mouthguard is an assumption. However, the latest blinded controlled clinical trials tend to validate this assumption. Harmonization of research protocols would allow this assumption to become evidence.

* Correspondance : mgunepin@yahoo.fr

Introduction

L'utilisation d'un protège-dents est recommandée voire obligatoire pour la pratique de certaines activités physiques et sportives car elle permet de prévenir la survenue de lésions orofaciales (fractures dentaires et osseuses, lacérations des lèvres, etc.) [1]. Depuis près de 50 ans, des chirurgiens-dentistes et des fabricants de protège-dents affirment que l'utilisation de certains dispositifs intrabuccaux appelés *performance mouthguards* (protège-dents de performance) permettrait d'améliorer les performances physiques et sportives [2-5]. Ces assertions restent cependant controversées et des études les confirmant ou les infirmant sont régulièrement publiées. Le terme de protège-dents est un abus de langage car, sous le terme de *performance mouthguards*, sont regroupés des protège-dents (*mouthguards*) aussi bien que des dispositifs d'interposition entre les arcades dentaires (*mouthpieces*). Cependant, le terme de protège-dents de performance étant communément admis, c'est celui que nous emploierons dans notre revue de la littérature. Les protège-dents de performance sont réalisés, en fonction des modèles et des fabricants, selon les principes de la mise en relation centrée de la mandibule, de la dentisterie neuromusculaire ou de la décompression de l'articulation temporo-mandibulaire. Les protège-dents de performance étant désormais utilisés par des sportifs professionnels extrêmement médiatisés (Cristiano Ronaldo, Tiger Woods, Lindsey Vonn, etc.), la diffusion au grand public de ces dispositifs est inévitable. Il apparaît donc indispensable de savoir quels sont les dispositifs existants, sur quels principes repose leur conception et quel est l'état de la science concernant les bénéfices potentiels de l'utilisation de ces protège-dents en termes d'amélioration des performances.

Dispositifs existants

Une des caractéristiques communes des trois fabricants de protège-dents de performance est de proposer deux types de dispositifs intrabuccaux :

- un dispositif pour les sports sans contact (golf, haltérophilie, tennis, etc.). Ce dispositif appelé *mouthpiece* se place sur les dents mandibulaires. Il permet, selon les fabricants, d'améliorer les performances mais n'offre aucune protection contre les chocs ;
- un dispositif pour les sports avec contact (sports de combat, football, basket, etc.). Ce dispositif appelé *mouthguard* (protège-dents) se place sur les dents maxillaires. Il permet à la fois de prévenir la survenue de lésions orofaciales et d'améliorer les performances.

Si l'objectif des dispositifs proposés par ces fabricants est commun (améliorer les performances), les principes sur lesquels repose leur conception sont très différents.

Fig. 1. Dispositif intrabuccal du Dr Maher (courtoisie du Dr. Gerald J. Maher).

Fig. 1. Maher mouthpiece (courtesy of Dr. Gerald J. Maher).

Maher mouthguard et mouthpiece

Le docteur Gerald J. Maher est un chirurgien-dentiste du Massachusetts (États-Unis) spécialisé dans le traitement des douleurs faciales et de l'articulation temporo-mandibulaire (ATM). Il est également le chirurgien-dentiste de l'équipe de football américain des *New England Patriots*. Il a développé au fil des années des dispositifs intrabuccaux (*mouthguard* et *mouthpiece*) basés sur le positionnement de la mandibule en relation centrée selon les principes des MORA (*Mandibular Orthopedic Repositioning Appliance*). Les MORA sont des gouttières occlusales indentées de repositionnement mandibulaire qui guident la mandibule dans la position mandibulaire d'équilibre musculaire optimal. Le protège-dents Maher est utilisé par des joueurs de la ligue de football nord-américaine (NFL) mais aussi des soldats déployés en Afghanistan. L'amélioration des performances sportives n'est pas avancée comme argument de vente par le laboratoire Maher. Cependant de nombreux athlètes font état de l'amélioration de leurs performances du fait du port de ces protège-dents [6]. La réalisation de l'un de ces protège-dents en cabinet dentaire coûte de 300 à 400 \$ (Fig. 1).

Pure Power Mouthguard et mouthpiece (PPM)

Les protège-dents de performance *Pure Power* ont été mis au point par le docteur Anil Makkar. Leur conception repose sur les principes de la dentisterie neuromusculaire. Le paradigme de cette dentisterie est que la mandibule est dans sa position optimale lorsque les muscles de la tête et du cou sont au repos [7]. La position de « repos physiologique » est déterminée grâce à l'utilisation d'un TENS (*Transcutaneous Electrical Nerve Stimulator* - appareil de stimulation nerveuse électrique

Fig. 2. À gauche : Pure Power mouthpiece (en bas) et mouthguard (en haut). À droite : électrodes en place lors de la détermination de la position de repos physiologique de la mandibule (courtoisie de Pure Power Mouthguard).

Fig. 2. Pure Power mouthpiece (bottom left) and mouthguard (top left). Electrodes in place for the determination of the physiological relaxed position of the jaw (right) (courtesy of Pure Power Mouthguard).

transcutanée) [8] généralement employé dans le traitement des douleurs orofaciales chroniques et des algies dysfonctionnelles de l'ATM [7, 8]. Le protège-dents de performance, appelé Makkar PPM™, est réalisé en plaçant la mandibule dans cette position de repos physiologique. Selon le fabricant, le port d'un Makkar PPM™ permet d'augmenter la détente verticale, la puissance moyenne, la puissance maximale, la souplesse, la récupération, l'agilité, l'endurance et l'amplitude des mouvements des sportifs [9]. Le basketteur Shaquille O'Neal était l'un des utilisateurs de Makkar PPM™. Ces protège-dents ne peuvent être réalisés que par un chirurgien-dentiste ayant suivi une formation en dentisterie neuromusculaire et qui est « certifié PPM ». La réalisation d'un Makkar PPM™ coûte entre 1 500 et 2 000 \$ (Fig. 2).

Under Armour Performance Mouthwear

Bite Tech est le dernier arrivé sur le marché des protège-dents de performance. Ce fabricant affirme que le port d'un *Under Armour Performance Mouthwear* permet d'augmenter la force musculaire, d'améliorer l'endurance et la réponse au stress, de diminuer le temps de réaction et le risque de commotion cérébrale. La réalisation de l'*Under Armour Performance Mouthwear* ne repose pas sur la relation centrée ou la dentisterie neuromusculaire mais sur la décompression de l'ATM. L'absence de pression exercée par le condyle mandibulaire sur la fosse mandibulaire résulte de la création d'un espace entre les arcades dentaires par l'interposition de l'*Under Armour Performance Mouthwear*. Ces dispositifs sont distribués par des revendeurs agréés disposant d'un kit de démarrage de chez

Patterson Dental (valeur 995 \$). Le coût de la réalisation de l'un de ces protège-dents est de 499 \$ (Fig. 3).

Modifications des paramètres biologiques et physiologiques induites par le port de protège-dents et conséquences sur les performances sportives : revue de la littérature (Tab. I)

Les premières études portant sur l'utilisation d'un protège-dents en vue de l'amélioration des performances ont été publiées entre le milieu des années 1970 et le début des années 1980 [2-5]. Ces études portaient sur l'amélioration de la force et de l'endurance des sportifs. Les bénéfices liés au port de protège-dents avancés par les auteurs étaient une diminution du temps de récupération après l'entraînement et une augmentation de la force musculaire et de l'intensité de la course à pieds lors des activités d'endurance [2]. Cependant, ces études présentaient de nombreux biais méthodologiques, soit du fait de l'absence de paramètres physiologiques relevés (études basées uniquement sur le ressenti des sportifs), soit du fait de l'absence de placebo et de groupe contrôle [2, 10]. Depuis les années 1980, les études relatives au port de protège-dents se sont focalisées sur l'intérêt de ce port dans la prévention de la survenue de lésions orofaciales. À la demande des athlètes professionnels et des fédérations sportives, des études complémentaires ont été conduites pour déterminer si le port de protège-dents n'avait pas un impact négatif sur les performances sportives (gêne respiratoire, etc.) [11, 12]. Or, une partie de ces études a mis en évidence une amélioration des performances des athlètes

Fig. 3. Différents types d'Under Armour Performance Mouthwear (mouthguard et mouthpiece) (courtoisie de BiteTech).
Fig. 3. Different types of Under Armour Performance Mouthwear (mouthguard and mouthpiece) (courtesy of BiteTech).

porteurs de certains protège-dents bien au-delà de la seule absence d'impact négatif recherché. C'est pourquoi, à partir des années 1990, des travaux de recherche ont été réalisés spécifiquement pour :

- objectiver les bénéfices liés au port de protège-dents sur les performances sportives ;
- comprendre les mécanismes conduisant à l'amélioration de ces performances notamment à travers l'analyse des modifications de paramètres biologiques et physiologiques induites par le port de protège-dents.

Amélioration de la résistance

L'énergie mécanique de la contraction musculaire provient directement de l'énergie chimique (Adénosine Tri Phosphate, ATP). Cependant, l'ATP directement disponible dans l'organisme ne permet de couvrir qu'un effort très bref de l'ordre de 2 secondes. Si l'effort se poursuit, l'ATP sera fourni par trois filières différentes :

- la filière anaérobie alactique : l'ADP (Adénosine Di Phosphate) se couple à la créatine phosphate. Il en résulte un transfert presque instantané d'énergie et la formation d'une molécule d'ATP. Une puissance musculaire maximale peut ainsi être maintenue pendant 10 à 15 secondes (sprint sur 100 m) [13] ;
- la filière anaérobie lactique. Pour des exercices musculaires de plus longue durée, le glycogène musculaire va être dégradé en produisant de l'acide lactique via le glucose-6-phosphate et des molécules d'ATP. Les facteurs limitants de cette filière sont la réserve de glycogène disponible et la production d'acide lactique qui va être dégradé en lactate et en ions hydrogène qui vont perturber l'homéostasie (baisse du pH dans le sang et dans les muscles), ce qui altère

les propriétés de contraction musculaire. On estime que 4 mmol d'acide lactique par litre de sang correspond à un seuil en dessous duquel l'effort sera continué en mode aérobie. Au-dessus de ce seuil, l'équilibre est rompu entre la vitesse de production et la vitesse d'élimination de l'acide lactique dans l'organisme. L'accumulation d'acide lactique entraîne alors une fatigue musculaire rendant impossible la poursuite de l'effort avec un même niveau d'intensité [14] ;

- la filière aérobie. Pour que l'effort soit maintenu, il faut une hydrolyse aérobie du glucose et des acides gras. La filière aérobie permet une activité musculaire d'intensité modérée mais de très longue durée. Si l'effort est trop intense et que l'oxygène ne suffit plus à lui seul à fournir l'ATP, la filière anaérobie lactique, et donc la production d'acide lactique, se déclenche [15].

Des études ont montré que, pour un effort de même intensité, le taux de lactate dans le sang est significativement plus faible chez les porteurs de protège-dents (4,01 mmol/L de sang) que chez les non-porteurs (4,92 mmol/L) [13-15]. La baisse du taux de lactate au niveau du seuil de 4 mmol/L permet au sportif de maintenir sa puissance d'exercice au même niveau plus longtemps et donc d'améliorer ses performances lors d'efforts de résistance. Cette baisse du taux de lactate serait liée au fait que, dès le début de l'exercice physique, l'ouverture des voies aériennes générée par la modification de la position de la mandibule entraîne un apport important d'oxygène. La production d'acide lactique par la filière anaérobie lactique est donc retardée [14]. Ceci fait du protège-dents de performance un dispositif particulièrement adapté aux sports pour lesquels la vitesse de production de force est aussi importante que la valeur maximale de la force [16]. Ces sports nécessitent un effort violent de courte durée (force explosive) [9]. Ceci explique que de nombreux coureurs de

100 m utilisent un protège-dents de performance [9]. L'exploration fonctionnelle du métabolisme anaérobie dans le diagnostic de performance peut être réalisée par le test anaérobie de Wingate (WAnT). Durant ce test, le sportif doit exercer en un temps déterminé un effort violent, en général de 30 secondes, établi en fonction du poids corporel et dépendant de la cadence. Le paramètre mesuré est la puissance maximale (*Peak Power*, PP). Des études montrent que le port d'un protège-dents de performance permet d'augmenter le PP mais aussi de l'atteindre plus rapidement et de le maintenir plus longtemps [9, 17, 18]. Cependant des résultats contraires ont également été publiés [19, 20].

Les différences de résultats obtenus entre les études en termes d'amélioration de la résistance chez les porteurs de protège-dents soulignent l'inhomogénéité de ces études notamment parce qu'elles portent sur des exercices physiques très différents. Le port de protège-dents permettrait d'améliorer les performances lors de certains exercices mais pas d'autres. Les termes d'« évaluation de la puissance » et d'« évaluation de la résistance » devraient être accompagnés systématiquement du type et des conditions de réalisation de l'exercice, des groupes musculaires évalués, etc.

Amélioration de l'endurance

Impact du port de protège-dents de performance sur le VO_2 et le VO_{2max}

Le VO_{2max} est la quantité maximale d'oxygène que l'organisme peut prélever dans l'air (par la respiration pulmonaire), transporter (par la circulation sanguine) et consommer (par les muscles) par unité de temps. Au cours d'un exercice de difficulté croissante effectué sur un tapis de course par exemple, la consommation d'oxygène augmente avec la vitesse de façon linéaire jusqu'à une valeur maximale qui n'augmente plus même si le tapis accélère. Cette valeur limite est appelée VO_{2max} . La vitesse de course correspondant à cette limite est appelée vitesse maximale aérobie (VMA). Au-delà de cette limite, toute énergie supplémentaire provient exclusivement de la filière anaérobie. Donc, plus le VO_{2max} est important, plus la VMA le sera et meilleur sera l'athlète lors d'efforts d'endurance. Or plusieurs études ont montré que le port d'un protège-dents de performance permet d'augmenter le VO_{2max} et le VO_{2max} par kilo de poids corporel (VO_{2max}/kg) [10, 21-23].

Impact du port de protège-dents de performance sur le déficit d'oxygène

Chez les individus non-porteurs de protège-dents, le VO_2 n'atteint pas instantanément le niveau de consommation correspondant aux besoins énergétiques des cellules [21, 22]. Durant une période de 3 à 4 minutes, la consommation est

donc inférieure aux besoins réels. Cette différence est appelée déficit d'oxygène. Durant cette phase, la filière aérobie ne peut répondre seule à la synthèse énergétique car la pleine activation n'est pas immédiate et parce que la ventilation est insuffisante pour apporter suffisamment d'oxygène aux cellules. L'ATP est alors momentanément re-synthétisé par les filières anaérobies, même si l'intensité d'exercice est faible. Des études ont montré que le port de protège-dents de performance permet une activation plus rapide de la filière aérobie et de prévenir le déficit en oxygène [21, 22].

Impact du port de protège-dents de performance sur le débit ventilatoire (VE)

L'augmentation progressive de l'intensité d'un exercice s'accompagne d'un accroissement linéaire du volume d'air expiré (débit ventilatoire = VE) jusqu'à un niveau variable selon les individus. Au-delà de ce point, le VE s'élève de manière plus prononcée, marque d'une hyperventilation relative d'exercice. Le point de décrochage pour lequel le VE augmente plus rapidement que le VO_2 est appelé « point d'efficacité ventilatoire optimale » ou « seuil anaérobie » ou « seuil ventilatoire ». L'allure seuil assure une ventilation ample et efficace. Elle correspond à un niveau d'échange gazeux optimal. Au-delà de cette vitesse, la ventilation deviendrait de plus en plus saccadée et de moins en moins profonde. Cette tendance à ventiler rapidement et de manière superficielle est associée à une diminution de la performance. Des études ont montré que, chez les porteurs de protège-dents de performance, le seuil anaérobie était plus élevé que chez les non-porteurs de protège-dents du fait de l'augmentation de leur VO_2 et de l'absence de modification du VE [21, 22]. Ceci permet de maintenir un haut niveau de performance au cours des efforts d'endurance [21, 22].

Impact du port de protège-dents de performance sur le taux de saturation de l'oxygène dans le sang (SpO_2)

Au repos, le taux de saturation de l'oxygène dans le sang (SpO_2), c'est-à-dire le pourcentage d'hémoglobine saturée en oxygène, est de 97 à 99 %. Chez certains athlètes très entraînés, lors d'un exercice intense, ce taux baisse jusqu'à atteindre des valeurs proches de 90 %. Près de 10 % de l'hémoglobine n'a alors pas le temps de se charger en oxygène pendant le passage pulmonaire. La diminution de la capacité de transport de l'oxygène qui résulte de cette baisse de la saturation pourrait être un facteur limitant la performance [24]. Des études ont mis en évidence que la diminution de la SpO_2 (mesurée par un oxymètre de pouls) chez les sportifs porteurs de protège-dents de performance est moins importante que celle constatée chez les non-porteurs, ce qui permet de maintenir un haut niveau de performance [24].

L'amélioration des performances ventilatoires (SpO_2 , $\text{VO}_{2\text{max}}$, etc.) chez les sportifs porteurs de protège-dents de performance serait liée à la modification de la position de la mandibule lors du port du protège-dents (déplacement en bas et en avant) [10]. Cette position entraînerait une augmentation de l'ouverture des voies aériennes que ce soit au niveau du vélo- ou de l'oro-pharynx [14, 25]. Cette augmentation a été objectivée par des clichés tomодensitométriques, des vidéos endoscopiques, des images par résonance magnétique, des radiographies et des céphalogrammes [14, 25]. Le lien entre l'ouverture des voies aériennes et le port de dispositifs intrabuccaux est bien documenté car il a fait l'objet de nombreuses études dans le domaine de la prévention de l'apnée du sommeil [25, 26]. À l'ouverture des voies aériennes vient s'ajouter le fait que la création d'un espace entre les arcades dentaires du fait du port du protège-dents favorise la respiration buccale qui se traduit par de meilleures performances ventilatoires que la respiration nasale [26]. Le port du protège-dents entraîne également un déplacement de la langue vers l'avant avec comme conséquence une contraction du muscle génioglosse. Or, une revue de la littérature permet de mettre en évidence que la contraction de ce muscle conduit à une relaxation des voies aériennes pharyngées et donc à une amélioration du débit ventilatoire [27]. Remmers avance l'hypothèse que le muscle génioglosse pourrait être associé à un réflexe qui conduit à la dilatation des voies aériennes pharyngées et donc faciliterait la respiration [28].

Au total, l'amélioration des échanges gazeux chez les sujets porteurs de protège-dents de performance permet de maintenir la production d'énergie par la voie aérobie et ainsi d'améliorer les performances lors des efforts d'endurance [29]. En fonction des protège-dents utilisés et des exercices réalisés, des résultats contraires peuvent être obtenus [30, 31]. Ceci montre l'importance de la standardisation des protocoles de recherche en matière d'étude de l'amélioration des performances par le port de protège-dents.

Diminution du temps de récupération

- Au cours de la phase de récupération, l'organisme va :
- dégrader, notamment au niveau du foie, le lactate présent dans le sang et les muscles. La baisse du taux de lactate chez les porteurs de protège-dents de performance permet donc une récupération plus rapide car la quantité de lactate à éliminer est plus faible [13-15] ;
 - compenser le déficit en oxygène accumulé au cours de l'exercice. C'est pourquoi, lors de l'arrêt de l'exercice, il y a une hyperventilation malgré l'absence d'effort physique. La diminution du déficit d'oxygène et l'amélioration du VO_2 constatées chez les porteurs de protège-dents de performance permettent donc de raccourcir la phase de récupération [29].

Cependant, les résultats obtenus en termes de diminution du temps de récupération du fait du port de protège-dents diffèrent d'une étude à l'autre en fonction du type de protège-dents utilisé [29-31]. Une standardisation des protocoles est nécessaire pour pallier ce problème.

Amélioration de la réponse au stress

Le stress est une réponse complexe et aspécifique d'un organisme soumis à un stressor, qui répond à une fonction d'adaptation, décrit sous le nom de syndrome général d'adaptation (SGA [32]). Le SGA se décompose en trois phases : une phase initiale d'alarme, suivi d'une phase de résistance à l'agent stressant qui persiste et auquel l'organisme doit s'adapter et enfin une phase de récupération. Le stressor caractérise toute situation qui active les voies du stress, indépendamment de sa nature, de son intensité et de sa durée [32]. Il peut être extérieur au sujet, imposé par un changement environnemental, ou auto-généré par des affects ou des pensées de valence négative, notamment des pensées anxieuses. Lorsqu'il est bien régulé (*eustress*), le stress traduit donc un mécanisme physiologique, activé par la contrainte perçue, gérant les coûts biologiques aigus et chroniques. Un épuisement survient après la phase de résistance si la contrainte est trop intense et/ou trop longue, ou encore si les capacités de réponse de l'individu stressé ne sont pas adaptées (*distress*).

Stricto sensu, le stress correspond à l'activation des mécanismes cataboliques : activation de l'axe corticotrope et du système nerveux autonome (SNA) sympathique (SNAS), et retrait du SNA parasympathique (SNAP). Le SNAS prépare l'organisme à l'action face à un stressor grâce à une mobilisation accrue des ressources énergétiques de l'organisme. Il participe ainsi à l'émergence de la réaction d'alerte (fuir ou combattre) et à l'augmentation de l'attention au monde [33]. L'axe corticotrope facilite la mise à disposition des ressources énergétiques de l'organisme sur la durée, et joue un rôle anti-inflammatoire et antalgique. Il se régule par un feedback négatif impliquant l'hypothalamus et plusieurs régions cérébrales du système limbique et du cortex [34]. Une augmentation ajustée de la réponse corticotrope est bénéfique alors que des niveaux trop élevés ont des effets négatifs sur les performances avec une tendance à sur-réagir, une capacité de réflexion altérée, un champ de vision limité, etc. [35]. La mesure du taux de cortisol dans la salive est un biomarqueur pertinent et non invasif permettant d'évaluer le niveau de la réponse de stress d'un individu [36].

La pratique d'une activité physique dans un cadre de contrainte (entraînements intenses et/ou trop fréquents, compétition) induit des réponses de stress [37, 38]. La récupération après un exercice apparaît par ailleurs d'autant moins rapide que le stress induit par la pratique de l'activité physique est important [38]. Des contre-mesures aidant à la régulation de la réponse de stress ont un intérêt évident chez le sportif.

Le port d'un protège-dents de performance permet de prévenir la compression de l'ATM. Il a été montré que la diminution de cette compression est associée à une diminution de la réponse de l'axe corticotrope [37]. Cette réponse, dont les mécanismes de régulation demandent à être explorés plus avant, a des bénéfices pour le sportif. Les taux de cortisol salivaires sont plus faibles chez les porteurs de protège-dents de performances que chez les non-porteurs, notamment lors d'activités physiques et sportives de haute intensité [37, 39]. Chez les rats, lors de l'exposition à un niveau de stress élevé, on constate également une moindre activation de l'axe corticotrope chez ceux qui serrent les dents sur un bâton comparé à ceux qui serrent simplement les dents [40]. Une autre étude menée chez le rat a montré que le fait de serrer les dents entraîne une diminution du taux de protéine c-Fos (Fos), marqueur d'activation cérébrale lors de l'exposition à un stress [41]. Des études ont montré que, même après l'exercice, le taux de cortisol est plus faible chez les utilisateurs de protège-dents de performance que chez les non-utilisateurs [39]. Cette réduction a été associée à des conséquences bénéfiques en termes de récupération en ce qu'elle minore la dégradation des protéines des muscles squelettiques induite par le cortisol [37].

Si le lien entre le serrement des dents et la régulation de la réponse de stress demande encore à être mieux argumenté [37, 38], ces premiers résultats apportent des éléments de réflexion importants pour la prévention de la santé et l'optimisation de la performance.

Amélioration de la force musculaire

Approche posturale

Les études menées sur les dispositifs intrabuccaux MORA ont montré un lien entre la position de la mandibule et l'occlusion d'une part et la tension musculaire au niveau de la tête et du cou et la posture d'autre part [24]. Un déséquilibre des forces occlusales (droite/gauche) peut conduire à une déviation des vertèbres cervicales entraînant un déséquilibre postural et un trouble de la marche [42]. Le repositionnement mandibulaire est d'ailleurs utilisé dans le traitement de certaines scolioses chez le sportif [43]. Ce lien entre l'occlusion et la posture est étudié en orthoposturodentie qui est un concept posturo-occlusal basé sur les déterminants occlusaux de la posture que sont la relation crano-mandibulaire, l'ATM, la langue, les plans d'occlusion et le nerf trijumeau [44]. Dans un premier temps, l'orthoposturodentie a eu pour objet le traitement des dysfonctions temporo-mandibulaires ménisco-condyliennes et de certaines céphalées ou cervicalgies [44]. Depuis, ce concept a été utilisé pour optimiser la posture des sportifs à des fins d'amélioration de leur force musculaire, de l'amplitude de leurs mouvements et de leur souplesse [24]. Ces gains de performance seraient la conséquence de la stabilité posturale induite par le port d'un protège-dents

de performance réalisé selon les principes des dispositifs MORA [45]. La réalisation d'enregistrements électromyographiques au niveau des muscles masticateurs, des muscles sterno-cléido-mastoïdiens et des trapèzes lors du serrement des dents dans différentes positions mandibulaires montre un lien possible entre la position mandibulaire et l'amélioration de la force musculaire dans le reste du corps [46]. Juste avant ou lors d'un effort intense, les dents se serrent en position d'intercuspidie maximale. La mandibule se bloque et les chaînes musculaires s'équilibrent pour pouvoir fournir la contraction la plus efficace possible [47]. A contrario, la création expérimentale d'un déséquilibre de l'occlusion entraîne une diminution de la force musculaire [48]. Il a été montré de la même façon que les modifications de la dimension verticale (DV) par rapport à la position d'intercuspidie impactaient les performances musculaires [29]. Le port d'un protège-dents n'est bénéfique d'un point de vue musculaire que lorsque l'augmentation de la DV est comprise entre 2 et 12 mm [33].

L'équilibration des forces occlusales se traduit également par l'optimisation des fonctions proprioceptives au niveau des muscles, ligaments et organes tendineux de Golgi de l'ATM induite par l'équilibre des chaînes musculaires lors du serrement des dents. Ceci expliquerait l'amélioration de l'amplitude des mouvements, de la proprioception et de l'équilibre chez les porteurs de protège-dents réalisés selon les principes MORA [29].

Approche neuromusculaire

Le contrôle moteur est basé sur des interactions complexes entre des processus dynamiques (divers systèmes sensoriels, synergies inter- et intramusculaires, coordination de plusieurs articulations avec plusieurs degrés de liberté) [49]. Au cours des dernières décennies, des études portant sur le contrôle moteur humain ont suggéré un effet potentiel de l'occlusion dentaire et de l'activité musculaire sur le système crano-mandibulaire (CMS) [29]. Cette hypothèse est basée sur les études menées chez l'animal qui ont montré l'existence de connexions neuro-anatomiques entre le nerf trijumeau et des structures associées au contrôle postural [50]. Plusieurs études ont confirmé l'effet neuromusculaire de l'activité motrice orale et des différentes positions de la mandibule sur le contrôle postural [50]. Des études suggèrent que l'augmentation de la force musculaire lors du serrement des dents serait la conséquence du *concurrent activation potentiation* ou en français la « potentialisation par activation simultanée » qui optimiserait la commande descendante [18, 19, 51]. Le principe de cette potentialisation est que la force d'un muscle A devient plus importante si les muscles B (les muscles masticateurs par exemple) sont contractés en même temps. Un autre argument vient étayer l'hypothèse d'un lien entre le contrôle moteur et le serrement des dents. Il s'agit de l'amélioration du réflexe H, évaluant la conduction nerveuse proximale, lors du serrement des dents [37]. Les réponses H résultent d'un réflexe

monosynaptique dont l'afférence est constituée par les fibres proprioceptives Ia qui entraînent la décharge efférente des motoneurons spinaux. Le réflexe H est obtenu en stimulant électriquement un nerf mixte et en recueillant la réponse musculaire réflexe évoquée [37]. La théorie neuromusculaire repose également sur la synergie du fonctionnement de mécanorécepteurs proprioceptifs comme les organes tendineux de Golgi présents au niveau de l'ATM et l'ensemble des fuseaux neuromusculaires à l'origine du réflexe myotatique [52]. Ces mécanorécepteurs ont un rôle dans l'équilibre, la proprioception et l'agilité en informant le système nerveux central de la position spatiale des différents segments corporels en fonction de la position statique des segments les uns par rapport aux autres et de la vitesse et de la direction du déplacement d'un segment lors du mouvement. Les fuseaux neuromusculaires sont également sollicités par les sportifs afin d'améliorer leurs performances [49]. Dans le cas de la réalisation d'un saut (en hauteur, etc.) ou d'un lancer (javelot, etc.), le sportif peut rechercher un étirement brutal de certains muscles, ce qui déclenche le réflexe myotatique qui se traduit par une contraction de ces muscles, plus importante que s'ils n'avaient pas été préalablement étirés [52]. Cette contraction est plus importante lorsque le sportif serre les dents [52].

Approche commune (neuromusculaire et posturale)

De nombreuses études portant sur différentes activités sportives (golf, taekwondo, cyclisme, haltérophilie, football américain, hockey sur glace, etc.) ont montré que le port de protège-dents de performance, réalisés selon les principes de la dentisterie neuromusculaire ou des dispositifs MORA, permettait d'améliorer les performances musculaires [3, 4, 16, 17, 53-55] que ce soit en termes de :

- force maximale volontaire qui est la force que peut produire un groupe musculaire lors d'un effort maximal ;
- force isométrique qui est la force exercée lors d'une contraction musculaire contre résistance, sans raccourcissement (contrairement au travail concentrique et excentrique) ;
- puissance musculaire qui traduit l'aspect explosif de la force. La puissance est le produit de la force par la vitesse.

Toutes les études n'ont cependant pas permis de mettre en évidence une augmentation de la force musculaire du fait du port d'un protège-dents de performance [20, 51, 56]. Toute la difficulté de l'interprétation des résultats de ces études tient au fait qu'il existe une grande inhomogénéité des protocoles (différences de protège-dents, d'exercices réalisés, de groupes musculaires étudiés, de paramètres relevés, etc.) [57]. De plus, des informations essentielles, comme la position de la mandibule, ne sont pas systématiquement précisées [57]. Certains auteurs affirment que les résultats obtenus relèvent d'un effet placebo lié au fait que de nombreuses études ne sont pas

réalisées en double aveugle [57]. La mise en place de protocoles standardisés pourrait permettre de pallier ces difficultés.

Amélioration du temps de réaction

Le temps de réaction correspond à la durée séparant la présentation d'un stimulus (un signal auditif, visuel, tactile, etc.) et la réponse apportée à ce stimulus. Il comprend la perception du message, son analyse et son identification, le choix d'une réponse au travers d'une procédure de décision et l'initiation de l'action constituant la réponse qui représente la partie proprement motrice de la tâche. L'amélioration du temps de réaction est indissociable de la recherche de la performance dans la quasi-totalité des sports. Chez les sprinteurs, le temps de réaction contribue à 1 à 2 % au temps d'arrivée [58]. Une étude indique que le port de protège-dents de performance améliorerait le temps de réaction face à des stimuli auditifs (exemple du starter) [59]. Concernant les stimuli visuels, une diminution du temps de réaction a également été constatée mais sans être statistiquement significative [59]. Selon les auteurs de l'étude, cette non-significativité est uniquement la conséquence de la taille réduite de l'échantillon. Ce problème devrait être pallié par la mise en place de nouvelles études. Du fait de la complexité du processus de réaction (intervention de différentes aires cérébrales (cortex occipital, cortex inféro-temporal, cortex moteur, etc.) et des nombreux paramètres l'influençant (âge, sexe, fatigue, latéralité (gaucher ou droitier), entraînement, etc.), seules des hypothèses peuvent être émises concernant le lien entre le port d'un protège-dents de performance et l'amélioration du temps de réaction. Selon certains auteurs, c'est la levée des tensions au niveau de l'ATM qui entraîne une meilleure irrigation sanguine, une meilleure oxygénation et une meilleure conduction nerveuse au niveau du cerveau [59, 60]. L'amélioration du débit sanguin concerne des zones du cortex (associées à la mémoire, à l'attention et à la vigilance) et du cervelet (associées au contrôle moteur, à l'attention, à la peur et à la synchronisation) [17].

Conclusion

Selon les fabricants, le port de protège-dents de performance permet d'améliorer l'endurance, la force et la puissance musculaire, la précision des mouvements, le temps de réaction, les capacités de récupération, l'équilibre, l'agilité, la souplesse, l'amplitude des mouvements, la concentration, la proprioception et de diminuer la fatigue et le stress. De nombreux travaux de recherche ont été réalisés depuis près de 50 ans afin de vérifier ces assertions en tentant de mettre en évidence des liens entre :

- les modifications anatomiques induites par le port d'un protège-dents de performance (décompression de l'ATM, élargissement des voies aériennes, etc.) ;

- la modification de paramètres physiologiques et biologiques (diminution du taux de lactate et de cortisol, augmentation du VO_{2max} , etc.) ;
- l'amélioration des performances en termes de force, de puissance, d'endurance, de résistance, etc.

Jusqu'à présent, les résultats des études sont contradictoires du fait de l'inhomogénéité de la qualité des travaux de recherche (absence de placebo, absence de mise en insu, etc.), des protège-dents de performance testés (différences de matériaux, de principes de réalisation, d'épaisseurs, etc.), des modalités de recueil de données (exercices physiques isométriques, excentriques, etc.), des groupes musculaires testés et des paramètres relevés (force maximale volontaire, puissance musculaire, VO_{2max} , taux de cortisol, de lactate, etc.). Du fait de cette inhomogénéité des études, l'amélioration des performances physiques et sportives par le port de protège-dents de performance reste actuellement une hypothèse. Cependant, les données récentes de la science tendent à confirmer cette hypothèse. L'harmonisation des protocoles et la publication d'études cliniques contrôlées randomisées en double aveugle pourraient permettre de transformer cette hypothèse en certitude dans les années à venir.

Conflits d'intérêt : aucun

Références

1. American Dental Association Council on Access, Prevention and Interprofessional Relations; ADA Council on Scientific Affairs. Using mouthguards to reduce the incidence and severity of sports-related oral injuries. *JADA* 2006;137(12):1712-1720.
2. Garabee WF Jr. Craniomandibular orthopedics and athletic performance in the long distance runner: a three year study. *Basal Facts* 1981;4(3):77-81.
3. Smith SD. Muscular strength correlated to jaw posture and the temporomandibular joint. *N Y State Dent J* 1978;44(7):278-285.
4. Smith SD. Adjusting mouthguards kinesiollogically in professional football players. *N Y State Dent J* 1982;48(5):298-301.
5. Stenger JM, Lawson EA, Wright JM, Ricketts J. Mouthguards: protection against shock to head, neck and teeth. *J Am Dent Assoc* 1964;69:273-281.
6. Bates RE Jr, Atkinson WB. The effects of maxillary MORA's on strength and muscle efficiency tests. *J Craniomandibular Pract* 1983;1(4):37-42.
7. Mahony D. An introduction to neuromuscular dentistry. *Funct Orthod* 2002;19(1):24-27.
8. Cooper BC. The role of bioelectronic instrumentation in the documentation and management of temporomandibular disorders. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997;83(1):91-100.
9. Arent SM, McKenna J, Golem DL. Effects of a neuromuscular dentistry-designed mouthguard on muscular endurance and anaerobic power. *Comparative Exercise Physiology* 2010;7(2):73-79.
10. Garner DP, McDivitt E. The effects of mouthpiece use on gas exchange parameters during steady-state exercise in college-aged men and women. *JADA* 2011;142(9):1041-1047.
11. Bourdin M, Brunet-Patru I, Hager P, Allard Y, Hager J, Lacour J, Moyen B. Influence of maxillary mouthguards on physiological parameters. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38(8):1500-1504.
12. von Arx T, Flury R, Tschan J, Buerger W, Geiser T. Exercise capacity in athletes with mouthguards. *Int J Sports Med* 2008;29(5):435-438.
13. Garner DP, McDivitt EJ. The effects of mouthpiece use during endurance exercise on lactate and cortisol levels. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(5):S448.
14. Garner DP, McDivitt E. Effects of mouthpiece use on airway openings and lactate levels on healthy college males. *Compend Contin Educ Dent* 2009;30(Spec No 2):9-13.
15. Baily SP, Willauer TJ, Balilionis G, Wilson LE, Salley J, 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(3):678-684.
16. Verban EM Jr, Groppel JL, Pfautsch EW, Ramseyer GC. The effects of mandibular orthopedic repositioning appliance on shoulder strength. *J Craniomandibular Pract* 1984;2(3):232-237.
17. Dunn-Lewis C, Luk HY, Comstock BA, Szivak TK, Hooper DR, Kupchak BR, et al. The effects of a customized over-the-counter mouth guard on neuromuscular force and power production in trained men and women. *J Strength Cond Res* 2012;26(4):1085-1093.
18. Hiroshi C. Relation between teeth clenching and grip force production characteristics. *Kokubyo Gakkai Zasshi* 2003;70(2):82-88.
19. Ebben WP, Flanagan EP, Jensen RL. Jaw clenching results in concurrent activation potentiation during the countermovement jump. *J Strength Cond Res* 2008;22(6):1850-1854.
20. Allen C, Dabbs NC, Zachary CS, Garner JC. The acute effect of a commercial bite-aligning mouthpiece on strength and power in recreationally trained men. *J Strength Cond Res* 2014;28(2):499-503.
21. Piero M, Simone U, Jonathan M, Maria S, Giulio G, Francesco T, et al. Influence of a custom-made maxillary mouthguard on gas exchange parameters during incremental exercise in amateur road cyclists. *J Strength Cond Res* 2015;39(3):672-677.
22. Queiroz AF, de Brito RB, Ramacciato JC, Motta RH, Flório FM. Influence of mouthguards on the physical performance of soccer players. *Dent Traumatol* 2013;29(6):450-454.
23. Garner DP, Dudgeon WD, Scheet TP, McDivitt EJ. The effects of mouthpiece use on gas exchange parameters during steady-state exercise in college-aged men and women. *J Am Dent Assoc* 2001;142(9):1041-1047.
24. Friction J. Current evidence providing clarity in management of temporomandibular disorders: Summary of a systematic review of randomized clinical trials for intra-oral appliances and occlusal therapies. *J Evid Based Dent Pract* 2006;6(1):48-52.
25. Zhao X, Liu Y, Gao Y. Three-dimensional upper airway changes associated with various amounts of mandibular advancement in

- awake apnea patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133(5):661-668.
26. Kyung SH, Park Y, Pae EK Obstructive sleep apnea patients with the oral appliance experience pharyngeal size and shape changes in three dimensions. *Angle Orthod* 2005;75(1):15-22.
 27. Bailey EF, Huang YH, Fregosi RF. Anatomic consequences of intrinsic tongue muscle activation. *J Appl Physiol* 2006;101(5): 1377-1385.
 28. Remmers JE. Wagging the tongue and guarding the airway: reflex control of the geniogloss. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164(11):2013-2014.
 29. Jung JK, Chae WS, Lee KB. Analysis of the characteristics of mouthguards that affect isokinetic muscular ability and anaerobic power. *J Adv Prosthodont* 2013;5(4):388-395.
 30. Garner DP. Effects of various mouthpieces on respiratory during steady-state exercise in college-aged subjects. *Gen Dent* 2015; 63(6):30-34.
 31. Duarte-pereira DM, Del Rey-Santamaria M, Javierre-Garces C, Barbany-cairo J, Paredes-Garcia J, Vasmaseda-CAstellon E, et al. Wearability and physiological effects of custom-fitted vs self-adapted mouthguards. *Dent Traumatol* 2008;24(4):439-442.
 32. Selye H. The evolution of the stress concept. *Am Sci* 1973; 61(6):692-699.
 33. Roettger M. Performance enhancement and oral appliances. *Compend Contin Educ Dent* 2009;30(Spec n° 2):4-8.
 34. Tamura T, Kanayama T, Yoshida S, Kawasaki T. Analysis of brain activity during clenching by fMRI. *J Oral Rehabil* 2002;29(5): 467-472.
 35. Balanoff WL. Performance enhancing mouth wear and craniofacial neurometabolic physiology. *Compendium* 2009; 30(Spec n° 2):2-3.
 36. Robinson SJ, Sünram-Lea SI, Leach J, Owen-Lynch PJ. The effects of exposure to an acute naturalistic stressor on working memory, state anxiety and salivary cortisol concentrations. *Stress* 2007; 11(2):115-124.
 37. Garner DP, Dudgeon WD, McDivitt E. The effects of mouthpiece use on cortisol levels during an intense bout of resistance exercise. *J Strength Cond Research* 2011;25(10):2866-2871.
 38. Bandelow S, Maughan R, Shirreffs S, Ozgunen K, Kurdak S, Ersoz G, et al. The effects of exercise, heat, cooling and rehydration strategies on cognitive function in football players. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(Suppl 3):148-160.
 39. Tahara Y, Sakurai K, Ando T. Influence of chewing and clenching on salivary cortisol levels as an indicator of stress. *J Prosthodont* 2007;16(2):129-135.
 40. 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(2):124-128.
 41. Sasaguri K, Kikuchi M, Hori N, Yuyama N, Onozuka M, Sato S. Suppression of stress immobilization-induced phosphorylation of ERK 1/2 by biting in the rat hypothalamic paraventricular nucleus. *Neurosci Lett* 2005;383(1-2):160-164.
 42. Fujimoto M, Hayakawa I, Hirano S, Watanabe I. Changes in gait stability induced by alteration of mandibular position. *J Med Dent Sci* 2001;48(4):131-136.
 43. Kaufman RS. Case reports of TMJ repositioning to improve scoliosis and the performance by athletes. *NY State Dent J* 1980; 46(4):206-209.
 44. Clauzade M. Orthoposturodentie. *Actualités Odonto-Stomatologiques* 2007;240:387-405.
 45. Gangloff P, Louis JP, Perrin PP. Dental occlusion modifies gaze and posture stabilization in human subjects. *Neurosci Lett* 2000;293(3):203-206.
 46. Strini PJ, Strini PJ, Barbosa ET, Gavio MB. Assessment of thickness and function of masticatory and cervical muscles in adults with and without temporo-mandibular disorders. *Arch Oral Biol* 2013;58(9):1100-1108.
 47. Fillipi R, Hager PE. Occlusion dentaire et sport. *Médecin du sport* 2003;59:30-34.
 48. Grosdent S, O'Thank R, Domken O, Lamy M, Croisier JL. Dental occlusion influences knee performances in asymptomatic females. *J Strength Cond Res* 2014;28(2):492-498.
 49. Ringhof S, Hellmann D, Meier F, Etz E, Schindler HJ, Stein T. The effect of oral motor activity on the athletic performance of professional golfers. *Front Psychol* 2015;6(30):1-10.
 50. Tardieu C, Dumitrescu M, Giraudeau A, Blanc JL, Cheynet F, Borel I. Dental occlusion and postural control in adults. *Neurosci Lett* 2009;450(2):221-224.
 51. Mullane MD, Mahloney SJ, Chavda S, Williams S, Turner AN. Effects of concurrent activation potentiation on countermovement jump performance. *J Strength Cond Res* 2015;29(12):311-316.
 52. Jeffreys I. Chapter 13 Warming-up and stretching In: Baechle TR, Earle RW, editors. *Essentials of strength training and conditioning*. Third ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2008:297-299.
 53. Pae A, Yoo RK, Noh K, Paek J, Kwon KR. The effects of mouthguards on the athletic ability of professional golfers. *Dent Traumatol* 2013;29(1):47-51.
 54. Gage CC, Huxel Bliven KC, Bay RC, Sturgill JS, Park JH. Effects of mouthguards on vertical dimension, muscle activation, and athlete preference: a prospective cross-sectional study. *Gen Dent* 2015;63(6):48-55.
 55. Duddy FA, Weissman J, Lee RA Sr, Paranjpe A, Johnson JD, Cohence N. Influence of different types of mouthguards on strength and performance of collegiate athletes: a controlled-randomized trial. *Dent Traumatol* 2012;28(4):263-267.
 56. Golem DL, Arent SM. Effects of over-the-counter jaw-repositioning mouth guards on dynamic balance, flexibility, agility, strength, and power in college-aged male athletes. *J Strength Cond Res* 2015;29(2):500-512.
 57. Belvedere PC. Performance-enhancing oral appliances: fact or fiction? *Dent Today* 2011;30(6):10-12.
 58. Pillianidis T, Kasabalis A, Mantzouranis, N, Mavvidis, A. Start Reaction Time and Performance at the Sprint Events in the Olympic Games, *Kinesiology* 2012;44(1):67-72.
 59. Garner DP, Miskimin J. Effects of mouthpiece use on auditory and visual reaction time in college males and females. *Compendium* 2009;30(Spec n° 2):14-17.
 60. Heit T, Derkson C, Bierkos J, Saqqur M. The effect of the physiological rest position of the mandible on cerebral blood flow and physical balance: an observational study. *Cranion* 2015; 33(3):195-205.