

## Estudo da ação da saliva nas propriedades mecânicas de protetores bucais para esporte\*

### *Study on the effect of saliva on the mechanical properties of mouth protectors for sports*

Neide Pena Coto\*\*  
Reinaldo Brito e Dias\*\*\*  
Ricardo Aurélio Costa\*\*\*\*  
Cleusa Aparecida Campanini Geraldini\*\*\*\*\*

#### Resumo

**Introdução** – A eficiência e a durabilidade de protetores bucais para esporte dependem diretamente da forma com que são usados, pois sempre se apresentam em condições básicas de presença ou ausência de saliva. Para observar se essa condição de uso interfere em suas propriedades mecânicas este trabalho observa através de modelo experimental de arcos dentais obtidos em epóxi, acoplados a uma máquina universal de ensaios Kratos programada para movimento de compressão, o comportamento mecânico de protetores bucais para esporte, confeccionados em copolímero de etileno e acetato de vinila – EVA, posicionados no arco superior. **Material e Métodos** – Foram formados dois grupos de estudo: protetores bucais secos e protetores bucais saturados em saliva artificial, sendo estes últimos obtidos através de análise de saturação com o auxílio de balança analítica para observação de ganho de massa. As propriedades mecânicas observadas foram força máxima e energia absorvida. **Resultados** – Os resultados foram submetidos a análise estatística t-student ( $p < 0,05$ ). Observou-se que no grupo dos protetores bucais saturados com saliva houve redução da força máxima ( $p = 0,00$ ) devido a plastificação do material, responsável pela redução das forças intermoleculares ocasionando maior deformabilidade do protetor atestado pelo aumento da energia absorvida ( $p = 0,05$ ) quando comparado ao grupo dos protetores secos. **Conclusão** – Conclui-se que a presença da saliva altera o comportamento mecânico do protetor bucal confeccionado em EVA tornando-o mais dúctil, portanto diminuindo a probabilidade de fraturas dentais e/ou lesões em tecidos circunvizinhos.

Palavras-chave: Saliva artificial/química; Fenômenos mecânicos; Protetores bucais; Teste de materiais; Polivinil; Polivinil/química

#### Abstract

**Introduction** – The efficiency and durability of mouth protectors for sports depend directly on the way they are used, mainly because of their frequent exposure to saliva. To analyse if this condition of use affects their mechanical properties, this paper observes, through the use of an experimental model made of epoxy, connected to an universal testing machine Kratos programmed to compress, the mechanical behaviour of mouth protectors for sports, made of ethylene and vinyl acetate copolymer – EVA, positioned on the superior arch. **Two groups of study were created: dry mouth protectors and artificial saliva saturated mouth protectors, the second of which was analysed with the use of an analytical balance to measure the level of saturation through the gain of mass. The mechanical properties observed were maximal strength and absorbed energy. The results were submitted to t-student statistical analysis method ( $p < 0,05$ ). It was observed that, in the saturated mouth protectors group, the maximal strength diminished ( $p = 0,00$ ) due to the material plastification, that caused a reduction in the intermolecular force and consequently a bigger deformation of the protector, confirmed by the increase in the absorbed energy ( $p = 0,05$ ) when compared to the dry protectors group. It was concluded that the presence of saliva changes the mechanical behaviour of the mouth protector made of EVA, making it more flexible and reducing the probability of dental fractures and/or injuries on adjacent tissues.**

Key words: Saliva, artificial/chemistry; Mechanical phenomena; Mouth protectors; Materials testing; Polyvinyls; Polyvinyls/chemistry

\* Parte da Dissertação de Mestrado apresentada na Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP), 2006.

\*\* Mestra em Prótese Buco Maxilo Facial. Estagiária do Departamento de Cirurgia, Prótese e Traumatologia Maxilo Facial da FOUSP. E-mail: npcoto@usp.br

\*\*\* Professor Titular do Departamento de Cirurgia, Prótese e Traumatologia da FOUSP.

\*\*\*\* Professor do Departamento de Engenharia de Materiais da Faculdade de Engenharia Padre Inácio de Sabóia (FEI).

\*\*\*\*\* Professora Doutora da Disciplina de Prótese Buco Maxilo Facial da FOUSP.

## Introdução

Em 1962, a “National Alliance Football Rules Committee” in the United States, determinou o uso do protetor bucal intraoral para cada jogador em todas as modalidades desportivas. Esta determinação reduziu em 80% o risco de traumas dentários e, conseqüentemente, lesões de cabeça e pescoço<sup>3</sup>. O protetor homologado deveria ser confeccionado sobre modelos em gesso obtidos através de impressão direta, em alginato, dos arcos dentários dos atletas.

Os protetores bucais para esporte devem proteger dentes, tecido mole, estrutura óssea e articulação têmporo mandibular, diminuindo assim a incidência de concussão e trauma de pescoço<sup>7</sup>. Deve, ainda, possuir alto poder de absorção de energia e distribuição do campo de forças ao longo de toda a sua extensão, promover alto grau de conforto e ajuste no maxilar, permanecer firme em seu lugar mesmo durante qualquer movimento e ação. Outros aspectos importantes, é que o protetor não deve impedir a fala e nem tampouco a respiração; ser durável, resistente ao rasgo, resiliente, inodoro e insípido.

Em 1981, a ASTM F697-80 normatizou os tipos de protetores bucais para esporte disponíveis em: tipo I – de estoque, tipo II - aquece e morde, tipo III – personalizado fabricado sobre modelo. O uso do protetor bucal intraoral sempre é indicado na prática de esportes que oferecem riscos de traumas orofaciais e de pescoço, pois reduz as forças que causam concussão. O protetor bucal é caracterizado, como dispositivo resiliente, intraoral, que reduz injúrias da região buco dental, que oferece o máximo de proteção, retenção e acolchoamento na região em que é confeccionado, normalmente, no arco superior, exceto em casos de prognatismo e uso de aparatologia fixa no arco inferior. Recomenda que a confecção do protetor bucal seja orientada somente pelo cirurgião-dentista. A higienização do protetor deve ser feita com água fria ou morna e armazenada em local fresco<sup>6</sup>. Atualmente, encontra-se descrito o protetor chamado tipo IV ou Multilaminado, que vem sendo apontado como protetor capaz de oferecer maior proteção, podendo ser confeccionado para cada tipo diferente de esporte.

O protetor bucal ideal ainda não foi confeccionado pelas dificuldades de simular, reproduzir e modelar experimentos laboratoriais que se aproximem das condições de uso do protetor *in vivo*<sup>4</sup>.

Os meios de proteção dependem das propriedades mecânicas do material utilizado, sua geometria e suas aplicações. No impacto, a súbita transferência de energia cinética para o material, pode provocar danos, dependendo da extensão em que o material deforma. Os danos frequentemente observados nos materiais poliméricos, após impacto, são: deformação permanente, rasgo ou fratura, delaminação e buracos<sup>8</sup>. A compreensão do mecanismo de danos pode auxiliar para melhorar o poder de proteção dos protetores, considerando as condições adversas de uso e seus efeitos.

Os polímeros são materiais muito interessantes para fabricação de protetores bucais, tanto do ponto de vista mecânico como pela facilidade de conformação a baixa temperatura. Além disso, os polímeros podem ser com-

binados entre si para melhorar suas propriedades mecânicas e, portanto, inúmeras possibilidades podem ser conseguidas, trazendo benefícios às propriedades do material, reprodutibilidade e homogeneidade<sup>11</sup>.

Park *et al.*<sup>9</sup> (1994) testaram dois tipos diferentes de EVA, um aquece e morde e outro individualizado confeccionado a partir de lâmina de 4 mm, e o silicone em diferentes espessuras (1; 1,5; 2 e 4 mm). Foram testadas medida de espessura, absorção de água, densidade e medidas de transição de temperatura a 25°C e 37°C, teste de elasticidade, teste de absorção de energia e espessura do arco oclusal após uso do protetor bucal. Os dois materiais tiveram similar desempenho nos testes mecânicos. A espessura ideal do protetor bucal para a absorção de impacto é o confeccionado com lâminas de quatro mm. O EVA distribui melhor a força transmitida. Observaram que durante a confecção do protetor ocorre perda de 25% a 50% da espessura inicial da placa. Afirmaram ainda que a espessura interfere diretamente na capacidade de absorção de energia, assim como Craig e Godwin<sup>5</sup> (1967). Não relataram conhecimento sobre a interferência da absorção de água e absorção de energia.

Trand *et al.*<sup>10</sup> (2001) avaliaram “in vitro” protetores bucais confeccionados a partir de lâminas de EVA de 1,2,3 e 5 mm. Concluíram que não houve diferença na absorção de água quando a temperatura passou de ambiente (22°C) para a bucal (37°C) no prazo de 24 e 48 horas.

## Material e Métodos

Com modelos em gesso dos arcos superior e inferior foi confeccionado um molde em borracha de silicone, para permitir a confecção dos mesmos em resina epóxi. Os modelos do arcos superior e inferior confeccionados em resina epóxi foram fixos em um dispositivo de compressão onde, o arco inferior ficou preso na parte móvel do dispositivo e o arco superior na parte fixa. O dispositivo de compressão foi montado em uma Máquina Universal de Ensaio Kratos utilizando um sistema de aquisição de dados MTS e uma célula de carga de 20 kN, com velocidade de 42,86 mm/min. A abertura foi controlada por extensômetro com abertura máxima de 18 mm do conjunto de arcos montados em oclusão, conforme ASTM 12381. O controle de temperatura dos protetores foi feito em banho termostático com temperatura de 40°C por 1 hora; o controle durante o ensaio foi feito através de pirômetro ótico, mantendo a temperatura a 37°C e 39°C para o grupo avaliado à temperatura próxima a bucal.

Foram confeccionados cinco protetores bucais de cada espessura usando lâminas de EVA de 3 mm e 4 mm, para cada grupo de teste, usando modelos de um arco dentário superior em gesso pedra e máquina vacuum-form. Respeitando tempo de aquecimento de cada placa plana: 3 mm – 3 min e 45s para primeira placa plana e 3 min e 25 s para as demais; tempo esse reduzido devido o aquecimento da máquina, tempo de aspiração foi de 45 s; para a placa plana de 4 mm – 4 min e 50 s e 60 s para aspiração. Todos os protetores foram mergulhados em água fria por 10 minutos e recortados nas medidas preconizadas pela ASTM 697-80.

### Saturação de saliva

Para determinar o tempo mínimo de saturação do protetor com saliva, foi confeccionado um protetor bucal a partir de uma placa de 4 mm. O protetor bucal foi colocado dentro de um frasco de vidro, contendo 100 ml de saliva artificial. Então, foi mantido imerso na saliva artificial a  $22^{\circ}$  ( $0,7 \pm$ )  $^{\circ}\text{C}$  por 8 horas. O ganho de massa do protetor foi medido numa balança MARTE AS5500c de hora em hora até perfazer um total de 4 horas de imersão. Para medida do ganho de massa, o protetor bucal era removido do frasco de vidro e o excesso de saliva era retirado com papel toalha. O ganho de massa do protetor imerso na saliva, acima de 3 horas, manteve-se invariável, razão pela qual, as medidas passaram a ser feitas de hora em hora na balança analítica Mettler Toledo® Ag 204 (3 dígitos após a vírgula) até perfazer o total de 8 horas.

### Resultados

Os resultados foram submetidos a análise estatística t-student ( $p < 0,05$ ). Observou-se que no grupo dos protetores bucais saturados com saliva houve redução da força máxima (Tabela 1 onde  $p = 0,00$ ) devido a plastificação do material, responsável pela redução das forças intermoleculares ocasionando maior deformabilidade do protetor atestado pelo aumento da energia absorvida (Tabela 2, onde  $p = 0,05$ ) quando comparado ao grupo dos protetores secos.

**Tabela 1. Força máxima ( $F^{\text{máx}}$ ) representando as variáveis espessura, temperatura, presença de saliva e suas interações binárias e ternárias**

coeficientes	$F^{\text{máx}}$		
	N	DP	p
$b_0$	2517	29	0,00
$b_{\text{esp}}$	780	35	0,00
$b_T$	- 560	29	0,00
$b_S$	- 371	29	0,00
$b_{\text{esp}^*T}$	-119	35	0,00
$b_{\text{esp}^*S}$	- 52	35	0,15
$b_{T^*S}$	259	29	0,00
$b_{\text{esp}^*T^*S}$	6	35	0,86

**Tabela 2. Energia absorvida ( $E_a - \text{J.mm}^{-1}$ ) representando as variáveis espessura, temperatura, presença de saliva e suas interações binárias e ternárias**

coeficientes	$E_a$ ( $\text{J.mm}^{-1}$ )	DP	p
$b_0$	21,4	0,8	0,00
$B_{\text{esp}}$	- 8,2	1	0,00
$b_T$	- 2,9	0,8	0,00
$b_S$	- 1,6	0,8	0,05
$b_{\text{esp}^*T}$	- 0,9	1	0,34
$b_{\text{esp}^*S}$	- 1,2	1	0,23
$b_{T^*S}$	- 1,7	1	0,04
$b_{\text{esp}^*T^*S}$	- 2,8	1	0,00

### Discussão

A saturação, do protetor bucal para esporte em EVA, com a saliva artificial mostrou um efeito interessante, pois a presença da saliva provocou uma redução significativa da força máxima (Tabela 1) e energia aparente absorvida (Tabela 2), apontando que um ou mais constituintes da saliva artificial plastifica o EVA, provavelmente, devido às fortes interações entre os grupos específicos dos constituintes da saliva com as carbonilas ( $> C = O$ ) presentes no EVA, diminuindo assim, a coesão volumétrica deste material. Isto significa que o EVA saturado com saliva artificial ofereceu menor resistência ao esforço compressivo, durante o ensaio. A plastificação do EVA pela saliva artificial reduziu a energia aparente absorvida ( $E_a = - 1,6 \text{ J/mm}$ , Tabela 2), porque a presença da saliva diminuiu a força máxima ( $b_s = - 371 \text{ N}$ , Tabela 1). Contudo, não foram encontrados relatos sobre a possível plastificação do EVA pela saliva artificial, razão pela qual este é um fator que não deve ser negligenciado quando o comportamento mecânico dos protetores bucais mais espessos (3 e 4 mm) for avaliado. Por esses motivos os autores supracitados, que fizeram estudos com saturação em água não obtiveram resultados. Os dados desta pesquisa estimulam pesquisas sobre o perfeito entendimento da ação da saliva e usá-lo a favor de aumento de proteção nos esportes.

### Conclusão

Conclui-se que a presença da saliva altera o comportamento mecânico do protetor bucal confeccionado em EVA tornando-o mais dúctil, portanto diminuindo a probabilidade de fraturas dentárias e/ou lesões em tecidos circunvizinhos.

## Referências

1. American Standards of Testing of Materials. ASTM D 1238 Test method for flow rates of thermoplastic. *In: Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia: ASTM; 1981.
2. American Standards of Testing of Materials. ASTM F697-80 Standard Practice for Care and use of Mouthguards. *In: Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia: ASTM; 1981.
3. Bureau of Dental Health Education on Dental Materials and Devices. Mouth protectors: 11 years later. *J Am Dent Assoc.* 1973;86(6):1365-7.
4. Coto NP. Estudo do comportamento mecânico de protetores bucais confeccionados em copolímero de etileno e acetato de vinila: modelo experimental de arcos dentais obtidos em epóxi [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2006.
5. Craig RG, Godwin WC. Physical properties of material for custom made mouth protectors. *J Mich State Dent Assoc.* 1967;49(2):34-40.
6. Dias RB, Coto NP. Odontologia deportiva. *Rev Int Prótes Estomatol.* 2004;6(4):299-302.
7. Heintz WD. Mouth protectors: a progress report. *J Am Dent Assoc.* 1968;77:632-6.
8. Kim HS, Shafiq RM. Model for thickness effect with impact testing of viscoelastic material. *J Appl Polymer Sci.* 2001;81:1762-7.
9. Park JB, Shaul KL, Overton B, Donly KJ. Improving mouthguards. *J Prosthet Dent.* 1994;72(4):373-84.
10. Trand S, Cooke MS, Newsome PRH. Laboratory evaluation of mouth-guard material. *Dent Traumatol.* 2001;17(6):260-5.
11. Wong EW, White RC. Development of a shock absorbing biomedical elastomer for a new total elbow replacement design. *Biomat Med Devices Artif Organs.* 1979;7(2):283-90.

Recebido em 19/9/2008

Aceito em 21/11/2008