

Condicionamento de superfícies na Odontologia com plasma de argônio: uma revisão de literatura

Conditioning surfaces in Dentistry with argon plasma: a literature review

Livia Mourão Pereira Costa Colombo

Especialista em Prótese pela ABO-RJ

Especialista em Dentística pela OASD- FAB

Flavia Lins Matafora

Especialista em Prótese pela OCEX

Especialista em Dentística pela PUC-RIO

André Fábio Vasconcelos Moro

Doutorando em Odontologia pela Uerj - Concentração em Dentística

RESUMO

O objetivo deste estudo foi de verificar, por meio de revisão de literatura, os resultados do tratamento de diferentes superfícies de interesse para a Odontologia com gás argônio, um plasma frio à pressão atmosférica. Este vem sendo recentemente estudado e aplicado com o intuito de aumentar a molhabilidade do substrato condicionado, como zircônia, um material conhecido por ser ácido resistente; dentina e pinos de fibra de vidro, interferindo positivamente na adesão. Diferentes estudos foram revisados, podendo-se concluir que o condicionamento com plasma frio de argônio alterou a superfície dos substratos testados, aumentando a área de superfície e, com isso, reduzindo o ângulo de contato. Isto contribui para uma maior molhabilidade do substrato e aumento da adesão às superfícies testadas.

Palavras-chave: plasma de argônio; zircônia; dentina; pinos de fibra de vidro.

ABSTRACT

The aim of this study was to verify, by means of literature review, the results of treatment of different areas of interest to Dentistry with Argon gas, a cold atmospheric pressure plasma. This subject has recently been studied and applied in order to increase the wettability of the substrate conditioning as zirconia, a well known acid-resistant material; Pins and dentin fiberglass positively interfering in adhesion. Different studies were reviewed, and shall be concluded that conditioning with cold argon plasma altered the surface of substrates, increasing the surface area and thereby reducing the contact angle. This contributes to a greater wettability of the substrate and increased adherence to surfaces tested.

Keywords: argon plasma; zircon; dentin; fiberglass post.

Introdução

A adesão aos substratos dentais é um processo que exige que o adesivo seja amplamente espalhado por toda a superfície aderente, ou seja, a molhabilidade da superfície do substrato precisa ser melhorada em relação ao adesivo. Como exemplo, um material hidrofóbico não fornece pequeno ângulo de contato com uma superfície hidrofílica, o que reduz o potencial de molhamento da superfície sólida pelo líquido. Como a dentina úmida é hidrofílica e os compósitos são hidrofóbicos, um dos grandes dilemas dos sistemas adesivos dentais é oferecer uma molhabilidade satisfatória entre os dois tipos de substratos. Para melhorar adesão entre os substratos são necessários modificações da superfície ou estratégias para melhorar a molhabilidade. Em um sistema adesivo convencional, o ácido fosfórico é usado inicialmente no condicionamento da superfície, sendo em seguida lavado e removido, com o intuito de melhorar a molhabilidade (3).

O tratamento com plasma usando o argônio, um gás inerte, tem sido amplamente utilizado para modificar superfícies de biomateriais. Quando ativado eletronicamente em estado de plasma, os plasmas de argônio consistem em várias espécies energéticas e quimicamente reativas, incluindo elétrons de alta energia, nêutrons eletronicamente excitados e radicais livres (9, 11). Essas espécies reativas nos plasmas de argônio podem modificar quimicamente a superfície do substrato, sem afetar as propriedades do corpo do material. Com o tratamento com plasma de argônio é aumentada a hidrofília da superfície dentinária (3, 9, 11).

Plasmas

• Conceito

Os plasmas são considerados o quarto estado da matéria e estão presentes no Sol, estrelas, auroras e raios. Apresentam uma grande quantidade de espécies altamente reativas, como íons, elétrons, radicais livres e nêutrons excitados eletronicamente. Com a exposição ao plasma, as propriedades dos substratos podem ser modificadas pelo “bombardeamento” iônico. A temperatura dos plasmas pode chegar a 10.000 K (plasmas térmicos ou quentes), enquanto os não térmicos ou frios pode chegar aos baixos 300 K (13, 17). Geralmente são necessárias temperaturas muito altas para sustentar a ionização, sendo esta a característica definidora de um plasma. Os plasmas frios, interesse deste estudo, são gases parcialmente ionizados, constituído por espécies altamente reativas mais uma fase gasosa. Como a fase de gás do plasma pode ser controlada a uma temperatura próxima a da ambiente, o tratamento com plasma de um sistema biológico não se faz através do calor, e sim do controle de espécies reativas no plasma, como íons, elétrons, radicais livres e nêutrons excitados eletronicamente (3).

Essa nova engenharia é limpa e eficaz, tendo como vantagem a manutenção e higidez da parte interna da estrutura dos materiais, ficando inalterada após o tratamento.

As tecnologias sobre plasmas atmosféricos frios desenvolvidas e aprimoradas ao longo da última década possibilitaram a investigação e suas aplicações no tratamento médico *in vivo*. Foi construído em pequenas dimensões,

o que permitiu sua portabilidade no ambiente clínico (3).

O plasma não térmico é dispensado através de uma caneta, associada a uma pequena fonte de energia, podendo ser facilmente empregado clinicamente. São necessários pequenos cilindros de oxigênio e argônio comprimidos. O gás argônio é comumente usado pelo seu relativo baixo custo e bom rendimento em criar rugosidades. A presença de oxigênio no gás de funcionamento do dispositivo promove a formação de radicais peróxidos ativos que iniciam mudanças químicas na superfície, mesmo em materiais inertes, como cerâmicas cristalinas densamente sinterizadas (16).

Aplicações na Odontologia

• Em Zircônia

As cerâmicas odontológicas reforçadas por óxido de zircônio possuem resistência e estética, mas são ácido-resistentes, ou seja, não são passíveis de condicionamento pelo ácido fluorídrico, como nas porcelanas feldspáticas e vidros ceramizados (2, 3, 8, 12).

Idealmente, a cimentação de restaurações cerâmicas deveria ser feita com cimento resinoso, por possuir excelente selamento interfacial, ser praticamente insolúvel e permitir a transferência da tensão gerada sobre a cerâmica à estrutura de suporte (esmalte, dentina, núcleos), conferindo uma maior resistência extrínseca da cerâmica se comparada à cimentação convencional. Visto que ainda não foi estabelecido um padrão seguro de cimentação adesiva de restaurações em zircônia, existe uma busca constante para melhorar o padrão de adesão a este substrato (12).

Com o tratamento da superfície interna da cerâmica, sua topografia sofre alterações através da criação de microporosidades e rugosidades, permitindo o aumento da área superficial disponível para a adesão, favorecendo o embricamento mecânico para retenção do agente de união (silano) e permitindo um melhor molhamento pelo aumento da energia de superfície (6). Dentre os métodos disponíveis, encontram-se o jateamento com óxido de alumínio (19); silicatização (14); laser (não é efetivo para criar rugosidade, mas é capaz de aumentar a força adesiva) e soluções ácidas, lembrando que o condicionamento de zircônia com ácido fluorídrico não é possível (1, 2, 6, 8, 12, 14, 16, 19). O cimento por si só não é capaz de manter uma força de adesão estável na superfície plana da zircônia (2, 8).

O resultado do condicionamento da zircônia com plasma de argônio foi avaliado através do ângulo de contato alcançado para o *primer* MDP dispensado na superfície de zircônia, que foi reduzido a 0°, o que indica a molhabilidade máxima da superfície. Forças químicas de união foram relatadas entre o monômero de MDP e os íons metálicos presentes nas cerâmicas odontológicas restauradoras. Como a zircônia parcialmente estabilizada por ítria (Y-TZP) contém óxidos metálicos, o tratamento com o plasma atua favoravelmente resultando em alterações quantitativas/qualitativas nas uniões químicas com esses óxidos metálicos e o

primer MDP via forças secundárias como de *Van der Waals* ou pontes de hidrogênio (16).

• Em dentina

Na confecção de restaurações diretas, as resinas compostas têm sido preferidas por razões estéticas. Existem várias razões para a falha prematura das resinas compostas, como contração de polimerização, adesão inadequada do adesivo à dentina e formação de cáries secundárias (15).

O tratamento com plasma não térmico fornece uma oportunidade única de modificar a superfície dentinária, na tentativa de melhorar a união na interface dente/composito em 60% em comparação com grupos controle não tratados (10, 11).

O tratamento com plasma argônio não dispensa a etapa do ataque ácido, sendo, assim, todas as amostras previamente condicionadas com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos (3, 11).

No tratamento com o plasma de argônio, a hidrofília da superfície dentinária é aumentada (3, 9, 11). Outra razão para melhorar a força de adesão entre adesivo e dentina se deve ao fato do tratamento com plasma introduzir sítios ativos para a superfície dentinária, como radicais livres ou peróxidos, que podem iniciar a polimerização dos monômeros adesivos e aprisionar resina nas fibrilas colágenas através de ligações químicas covalentes.

O plasma de argônio ainda pode induzir o HEMA a se polimerizar dentro das fibrilas colágenas. A formação de ligação covalente entre o HEMA e as fibrilas colágenas poderia levar a uma força maior de união entre adesivo e dentina (9).

A modificação da superfície do colágeno pelo plasma se dá através de grupos funcionais que se tornam descobertos por afastamento parcial temporário, permitindo que esses grupos funcionais interajam com o adesivo. Foi constatada também uma qualidade superior da interface adesivo-dentina através da redução dos *gaps* e do aumento do comprimento dos tags resinosos no interior dos túbulos dentinários. As falhas do tipo coesivas foram mais frequentes no composito de amostras de dentina tratadas com plasma, mostrando que a força de adesão na interface dentina-restauração foi aumentada, garantindo sua integridade. Nos grupos controle, as falhas vistas com mais frequência foram do tipo adesivas ou mistas (11).

A força de adesão da dentina mais profunda tratada com plasma não mostrou qualquer melhoria, entretanto, a força de adesão do composito à dentina periférica aumentou significativamente, em 64% após 30 segundos do tratamento com plasma, porém um tratamento por tempo prolongado causou uma interface fraca (9).

De acordo com CHEN *et al.* (3), a superfície de dentina não tratada com plasma apresentou ângulo de contato de $64.5\% \pm 5.7^\circ$. Após o tratamento com plasma de 5 s, o ângulo de contato diminuiu drasticamente para $11.2 \pm 2.4^\circ$ (a 5 W) e $11.8 \pm 1.7^\circ$ (a 10 W). Quando o tratamento foi de 15 s, os valores permaneceram inalterados, e com tratamento de 30s

diminuiu a 4°. Os valores parecem permanecer constantes após 30 s de tratamento com plasma e não houve diferenças estatísticas entre os grupos tratados por 30 s e por 45 s, independente da potência de entrada ser 5 ou 10 W. Desta forma, conclui-se que tempos de tratamentos mais longos do que 30 s não são necessários, assim como potências de entrada maiores do que 5 W do plasma. Esses valores se aproximam de superfícies muito hidrofílicas.

As alterações na morfologia das superfícies tratadas ou não com plasma foram observadas através do MEV. Alterações pouco significativas foram observadas ao longo das superfícies tratadas, porém os resultados indicam que o tratamento com plasma não térmico não induz muitos danos à superfície sob as condições testadas no experimento (3, 11). Entretanto, se houver uma exposição exagerada ao plasma, mesmo a baixas temperaturas, a estrutura de superfície, como colágeno, pode ser danificada e removida (11).

• Em Pinos de Fibra de Vidro


Os pinos de fibra de vidro são amplamente usados e aceitos para restaurar dentes tratados endodonticamente. A retenção do pino de fibra de vidro depende da força de interação química e micromecânica entre o material reforçado por fibra e compósito resinoso. Pré-tratamentos variados são usados para otimizar a união entre o pino e o cimento resinoso (5, 7).

O ângulo de contato entre superfícies tratadas e água foi usado para avaliar a hidrofília das superfícies. No estudo de De SOUZA *et al.* (7), amostras tratadas com plasma de argônio mostraram maior hidrofília e ângulos de contato

menores, sem alterações na topografia, se comparados com o grupo controle. A molhabilidade do cimento foi avaliada através de seu ângulo de contato, para medir a interação com a superfície tratada e constatou-se que tratamentos com plasma EDA (Etilenodiamina) ou Argônio apresentaram melhores resultados ao espalhar o cimento do que o uso do silano, ácido hidrofúorídrico ou associação dos dois.

O tratamento com plasma de argônio promoveu uma modificação de longa duração da superfície dos pinos de fibra de vidro por indução de formação de radicais livres na superfície do polímero do pino através de bombardeamento iônico. O tratamento com plasma aumentou a molhabilidade da superfície do pino de fibra através de sua modificação química, quando comparado com tratamentos convencionais.

Conclusão

A partir da análise dos estudos desta revisão, foi possível concluir que, embora seja uma tecnologia recente e que necessita de mais estudos longitudinais, os resultados levam a crer que as aplicações de plasma frio de argônio são promissoras na otimização da adesão em todos os substratos avaliados, como zircônia, dentina e pinos de fibra de vidro, visto que aumentou consideravelmente a molhabilidade dos mesmos, assim como promoveu uma redução do ângulo de contato a valores de substâncias altamente hidrofílicas. Portanto, o tratamento com plasma de curta duração é desejável em consultório, pois além da facilidade de manuseio na rotina clínica, vai beneficiar o processo de adesão, podendo ser usado efetivamente para melhorar a hidrofília da superfície desses substratos em ambientes clínicos. 

Referências ::

1. ATSU, S. S., KILICARSLAN, M. A., KUCUKERSMEN, H. C. *et al.* Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength resin. *J. Prosthet. Dent.* 2006; 95 (6): 230-6.
2. BEHR, M., PROFF, P., KOLBECK, C. *et al.* The bond strength of the resin-to-zirconia interface using different bonding concepts. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials.* 2011; 4 (1): 2-8.
3. CHEN, M., ZHANG, Y. M., DRIVER, S. *et al.* Surface modification of several dental substrates by non-thermal, atmospheric plasma brush. *Dental Materials.* 2013; 29: 871-80.
4. COELHO, P. G., GIRO, G., TEIXEIRA, H. S. *et al.* Argon-based atmospheric pressure plasma enhances early bone response to rough titanium surfaces. *J. Biomed Mater Res. Part A.* 2012; 100A:1901-6.
5. DANTAS, M. C. C., DO PRADO, M., COSTA, V. S. *et al.* Comparison between the effect of plasma and chemical treatments on fiber post surface. *JOE.* 2012; 38 (2): 215-8.
6. DE OYAGUE, R. C., MONTICELLI, F., TOLEDANO, M. *et al.* Influence of surface treatments and resin cement selection on bonding to densely-sintered zirconium-oxide ceramic. *Dent. Mater. J.* 2009; 25 (2): 172-9.
7. DE SOUZA, M., QUEIROZ, E. C., SOARES, P. V. *et al.* Fiber post etching with hydrogen peroxide: effect of concentration and application time. *J. Endod.* 2011; 37: 398-402.
8. DE SOUZA, G. M., SILVA, N. R. F. A., PAULILLO, L. A. M. S. *et al.* Bond strength to high-crystalline content zirconia after different surface treatments. *J. Biomed Mater Res. Part B: Appl. Biomater.* 2010; 93B (2): 318-23.
9. DONG, X., RITTS, A. C., STALLER, C. *et al.* Evaluation of plasma treatment effects on improving adhesive-dentin bonding by using the same tooth controls and varying cross-sectional surface areas. *Eur. J. Oral. Sci.* 2013; 121: 355-62.
10. <http://www.dentalcompare.com/Blog/115411-Plasma-Makes-Its-Dental-Debut/> Acessado em 10/01/2014.
11. <http://www.engineering.missouri.edu/2012/06/better-dental-bond-means-fewer-trips-to-the-dentist/> Acessado em 10/01/2014.
12. MALHEIROS, S., FIALHO, F. P., TAVAREZ, R. R. J. Cerâmicas ácido-resistentes: a busca por cimentação resinosa adesiva. *Centro Universitário do Maranhão – Uniceuma. Cerâmica.* 2013; 59 (349): 124-8.
13. NICHOLSON, Dwight R. *Introduction to Plasma Theory.* [S.l.]: John Wiley & Sons, 1983.
14. PALACIOS, R. P., JOHNSON, G. H., PHILLIPS, K. M. *et al.* Retention of zirconium oxide ceramics crowns with three types of cement. *J. Prosthet. Dent.* 2006; 96 (2): 104-14.
15. RITTS, A. C., LI, H., YU, Q. *et al.* Dentin surface treatment using a non-thermal argon plasma brush for interfacial bonding improvement in composite restoration. *European Journal of Oral Sciences.* 2010; 118 (5): 510-16.
16. SILVA, N. R. F. A., COELHO, P. G., BECHER, K. *et al.* Surface characterization of Ti and Y-TZP following non-thermal plasma exposure. *J. Biomed Mater Res. Part B.* 2011; 99B (1): 199-206.
17. STURROCK, P. A. *Plasma Physics: An Introduction to the Theory of Astrophysical, Geophysical & Laboratory Plasmas.* Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
18. TENDERO, C., TIXIER, C., TRISTAN, P. *et al.* Atmospheric pressure plasmas: a review. *Spectrochimica Acta Part B.* 2006; 61 (1): 2-30.
19. YANG, B., WOLFART, S., SCHARNBERG, M. *et al.* Influence of contamination on zirconia ceramic bonding. *J. Dent. Res.* 2007; 86 (8): 749-53.
20. YU, Q. S., LI, H., RITTS, A. C. *et al.* Non-thermal atmospheric plasma treatment for deactivation of oral bacteria and improvement of dental composite restoration. In: MACHALA, Z., HENSEL, K., AKISHEV, Y. eds. *Plasma for Bio-Decontamination, Medicine and Food Security.* Series A. Dordrecht, the Netherlands. 2012: 215-28.

Recebido em: 03/04/2014 / Aprovado em: 06/05/2014

Livia Mourão Pereira Costa Colombo

Rua Roberto Dias Lopes, 94/1003, Leme

Rio de Janeiro/RJ, Brasil – CEP: 22010-110

E-mail: limpcosta@gmail.com