

Avaliação biomecânica e histológica de implantes com diferentes macrogeometrias no período inicial de osseointegração. Estudo experimental em cães

Early biomechanical and histological analyses of different implant macrogeometries. An experimental study in beagle dogs

Charles Marin*
Rodrigo Granato**
Estevam Bonfante***
Gabriela Giro****
Marcelo Suzuki*****
Ryan Jeong*****
Paulo Guilherme Coelho*****

RESUMO

Desde que o conceito de osseointegração foi introduzido na Odontologia, várias mudanças ocorreram no modelo e na texturização de superfície dos implantes dentários. O objetivo deste estudo foi avaliar biomecânica e histologicamente diferentes macrogeometrias no período inicial da osseointegração na porção proximal da tíbia de cães Beagle. Seis cães Beagle adultos foram utilizados, onde 24 implantes tratados com jateamento com micropartículas e ataque ácido foram inseridos na porção proximal da tíbia bilateralmente (dois implantes por tíbia), 12 implantes cilíndricos com roscas triangulares (grupo controle) e 12 implantes cônicos com roscas trapezoidais (grupo experimental). Após a eutanásia, as tíbias foram removidas e destinadas ao teste de torque de remoção e processamento histológico. A análise estatística foi realizada através de teste *t* com intervalo de confiança de 95%. Os resultados para o torque de remoção foram 70 ± 20 Ncm e 120 ± 20 Ncm (média \pm 95% de intervalo de confiança). Diferença estatisticamente significativa entre os grupos foi encontrada ($p < 0,001$). Histologicamente, ambos os grupos apresentaram adequada biocompatibilidade e osseocondução com neoformação óssea nas regiões cortical e medular da tíbia. Baseado nos resultados obtidos, a macrogeometria com o tratamento de superfície empregados promoveu a osseointegração nos períodos iniciais do reparo e a macrogeometria do grupo experimental melhorou o desempenho para o torque de remoção comparado ao grupo controle. Novos estudos são necessários para confirmar suas potenciais vantagens.

Unitermos - Implante dentário; Desenho de equipamento; Cães.

ABSTRACT

Since the concept of osseointegration was introduced in dentistry, several changes concerning surface texture and macrodesign of dental implants were implemented. The objective of this study was to evaluate the effect of different implant macrogeometries on the early biomechanical and histomorphologic response in a beagle dog proximal tibia model. Six adult beagle dogs were used, and the implants with a grit-blasted and acid-etched surface were bilaterally placed along the proximal tibia (2 per limb)- 12 conic shaped with trapezoidal threads (experimental) and 12 cylindrical implants with triangular threads (control). After animal sacrifice, the limbs were retrieved and mechanical test and histological processing were performed. Statistical evaluation was performed by a Student's *t*-test at 95% level of confidence. Removal torque test mean values were 70 ± 20 Ncm and 120 ± 20 Ncm for control and experimental groups, respectively ($p < 0.001$). Histological observations showed that both implant groups were biocompatible and osseoconductive, presenting newly formed bone at regions of cortical and trabecular bone. Based on results obtained, both macrogeometries and surface treatment presented osseointegration at early implantation times, and the experimental group geometry improved torque to interface fracture relative to the control geometry. Additional studies are necessary to confirm its potential benefits.

Key Words - Dental implants; Design; Beagle dogs; Removal torque values.

*Especialista e mestre em CTBMF – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Departamento de Cirurgia Bucomaxilofacial.

**Especialista em CTBMF e mestre em Implantodontia – Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Odontologia.

***Especialista, mestre e doutor em Prótese Dentária – Clínica Privada, Bauru/SP

****Especialista, mestre e doutora em Periodontia – Departamento de Diagnóstico e Cirurgia, Faculdade de Odontologia de Araraquara – Unesp.

*****Especialista em Prótese e professor associado – Tufts University, Department of Prosthodontics.

*****Engenheiro – New York University, Department of Biomaterials and Biomimetics.

Introdução

O avanço tecnológico da área dos biomateriais é extremamente dinâmico e sofre mudanças diariamente. Dentro desta ampla área, os implantes dentários são melhorados a cada dia, desde a sua descoberta na década de 1960¹. Os implantes osseointegrados foram um marco, mudando drasticamente o tratamento odontológico, inicialmente com um protocolo bem estabelecido de dois estágios, com espera entre três a seis meses para osseointegração e sucesso acima de 90%².

Na década de 1980, a adição de biocerâmicas nas superfícies dos implantes foi o novo passo para acelerar a osseointegração³, porém, por falhas mecânicas do recobrimento e dissolução irregular, seu uso foi descontinuado por alguns fabricantes⁴. Um novo foco, no final da década de 1980, foi o aumento da rugosidade de superfície, gerando mudanças na microtextura⁵. As microtexturas de superfície apresentam medias de rugosidade (S_a) entre 0,5 e 2,0 μm ⁵ e vários processamentos industriais são utilizados para obter este padrão de rugosidade, tais como: jateamento com micropartículas absorvíveis⁶ ou não⁷, jateamento com ataque ácido⁸ e anodização⁹. Estas alterações da microrrugosidade da superfície demonstraram, em estudos pré-clínicos¹⁰ e clínicos¹¹⁻¹², adequada biocompatibilidade e melhor desempenho em relação aos implantes lisos.

Além das mudanças da microestrutura dos implantes osseointegrados, a forma destes vem sofrendo mudanças ao longo dos últimos anos. Originalmente, os implantes possuíam forma cilíndrica com roscas, utilizada até os dias atuais por vários fabricantes^{2,13}. Foram realizadas mudanças nesta configuração clássica e os implantes passaram a ter uma forma cônica com grande variação na geometria e no passo de roscas em diferentes regiões do implante (ex.: microrroscas cervicais). Estas alterações já são utilizadas por alguns sistemas, demonstrando melhoras na estabilidade inicial quando utilizados em osso medular¹⁴⁻¹⁵. Um estudo clínico prospectivo de três anos aponta o uso de microrroscas cervicais, implante cônico e tratamento de superfície como fatores importantes para manutenção do nível ósseo cervical¹⁶, o papel destas alterações também foi apresentado em outros estudos animais e clínicos¹⁷⁻¹⁸.

O objetivo deste estudo foi avaliar, biomecânica e histologicamente, implantes com diferentes macrogeometrias no período inicial da osseointegração na porção proximal da tíbia de cães Beagle.

Material e Métodos

Para este estudo foram utilizados 24 implantes, fornecidos pela empresa Signo Vinces (Campo Largo, PR/Brasil). Destes, 12 apresentavam formato cilíndrico, com dimensões de 4 x 10 mm representando o grupo controle (Integra Signo Vinces, Campo Largo, PR/Brasil) e os outros

12, em formato cônico, com 4,6 x 10 mm representando o grupo experimental (Duo Signo Vinces (Campo Largo, PR/Brasil)). Todos os implantes receberam tratamento de superfície do tipo jateamento por micropartícula + ataque ácido (Figura 1). Foram utilizados seis cães Beagles adultos após aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa em Animais da Universidade Federal de Santa Catarina. A região de escolha para inserção dos implantes foi a porção proximal da tíbia.

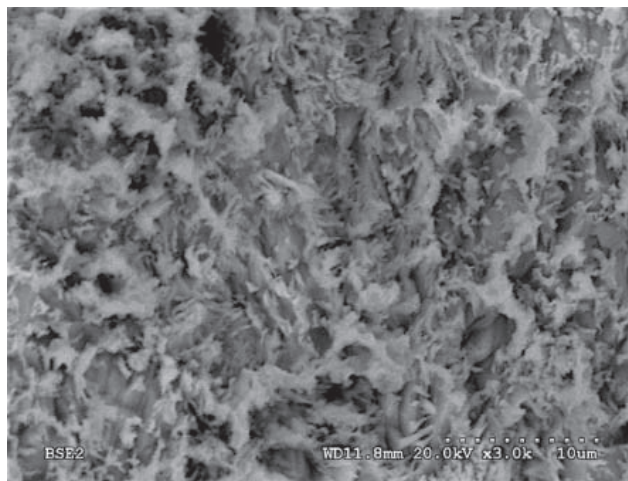


Figura 1

Microscopia eletrônica de varredura (1.500 x) demonstrando a textura de superfície após o tratamento de superfície através de jateamento com micropartículas e posterior ataque ácido.

Procedimento cirúrgico

Como pré-anestesia foi realizada a aplicação de sulfato de atropina (0,044 mg/Kg) e cloridrato de xilazina (8 mg/Kg). Após o efeito inicial dessas drogas seguiu-se com a aplicação de Cloridrato de Ketamina (15 mg/Kg) para se obter anestesia geral. A porção proximal da tíbia foi inicialmente preparada com tricotomia e aplicação de solução antisséptica a base de iodo. Realizou-se, então, uma incisão através da pele de aproximadamente 5 cm de comprimento, até alcançar o periósteo e com o auxílio de descoladores, o mesmo foi elevado até a completa exposição do tecido ósseo. A sequência das perfurações, à 1.200 rpm sob irrigação com soro fisiológico, foi padronizada seguindo as especificações do fabricante da seguinte forma: grupo controle – fresa lança helicoidal 2,0 mm; fresa helicoidal 2,6 mm; fresa piloto 2,6/3,3 mm; fresa helicoidal 3,3 mm; broca countersink 4,1 mm; grupo experimental – fresa lança helicoidal 2,0 mm; fresa cônica 3,8 mm; fresa cônica 4,6 mm. O primeiro implante foi instalado 2 cm abaixo da cápsula articular no centro da porção proximal e médio lateral da tíbia. Os outros três implantes foram posicionados na direção distal com 1 cm de distância entre cada implante. Em cada tíbia, dois implantes de cada grupo foram instalados, de maneira intercalada, a fim de se obter melhor

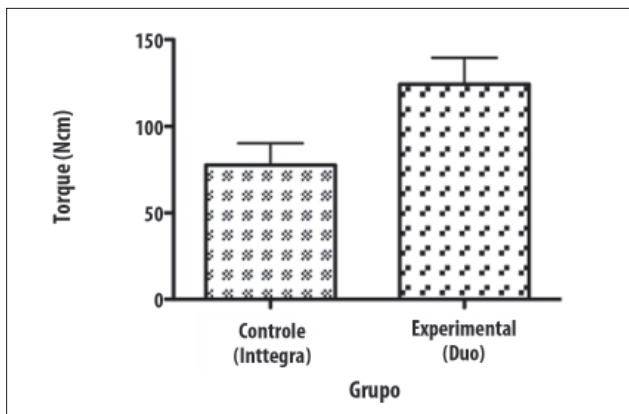


Figura 2
Valores para torque de remoção (Ncm) para os grupos controle e experimental ($p < 0.001$).

distribuição de amostra. Após a colocação dos implantes, os parafusos de cobertura foram instalados em cada implante. A sutura foi realizada por planos, o periósteo com vicryl 4-0 (Johnson & Johnson, Ethicon USA) e a pele com nylon 4-0 (Shalon Fios Cirúrgicos Ltda., Goiânia, Brasil).

Após a cirurgia, os animais receberam antibióticos e anti-inflamatórios administrados em dose única de Penicilina Benzatina (20.000 UI/Kg) IM e cetoprofeno 1% (1 ml/5Kg). Os animais foram mantidos em duas baias em grupos de três cães com comida e água à vontade nos dias que se seguiram até a eutanásia sob os devidos cuidados. A eutanásia foi realizada duas semanas após o procedimento cirúrgico, por overdose anestésica, com as mesmas medicações citadas anteriormente. Com o auxílio de serra manual, o terço superior da tíbia foi removido e realizada a dissecação para remoção de todo o tecido mole adjacente. Seis implantes do grupo experimental e seis implantes do grupo controle foram destinados ao teste de remoção ao torque. A tíbia com os implantes foi adaptada à máquina eletrônica de torque equipada com célula de carga de 2.000 Ncm (Test Resources, Minneapolis, MN, EUA). Um conector foi adaptado a conexão de cada implante, o bloco foi cuidadosamente posicionado para evitar desalinhamento durante a realização do teste. Os implantes foram submetidos a torque no sentido anti-horário na razão de aproximadamente 0,196 rad/min e uma curva de torque/deslocamento foi registrada para cada espécime. O teste *t Student* foi realizado para tratamento estatístico com 95% de intervalo de confiança.

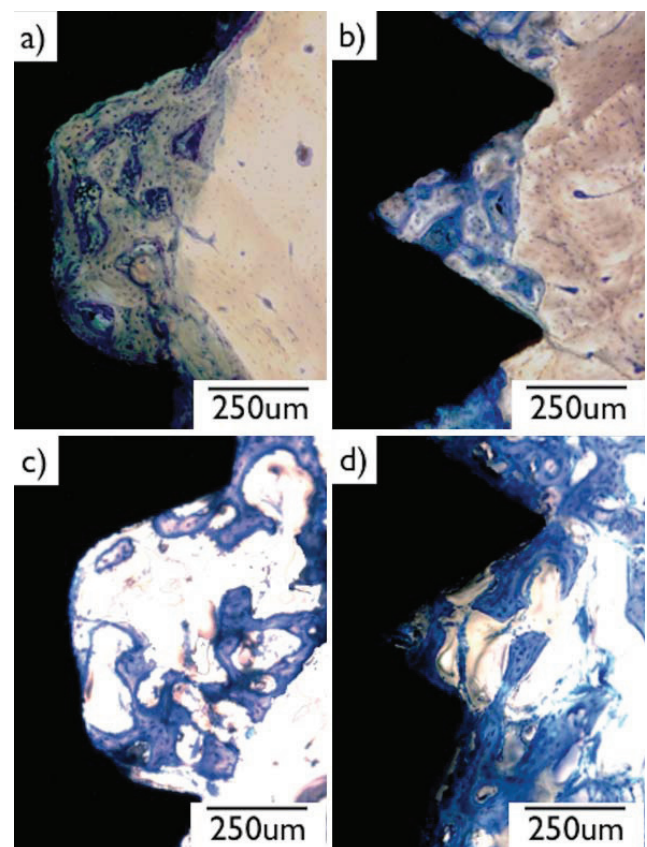
Para fins ilustrativos, realizou-se o processamento histológico mantendo inicialmente as peças em formol 10% e posteriormente desidratadas através de sequência de alcoóis (70-100%). Após a desidratação, as peças foram embutidas em resina acrílica (Technovit 9100, Kultzer & Co, Wehrheim, Germany). Os blocos foram cortados (Isomet 2000, Buehler, Germany), endereçando o centro do longo eixo de cada implante e colados em placas de acrílico para produção de laminas. Estas, após polimento através de sequência de papéis abrasivos em politriz (Metaserv

3000, Buehler, Germany) até aproximadamente 30 μm de espessura, foram analisadas em microscópio óptico (Leica Microsystems, Switzerland) para obtenção das imagens histológicas.

Resultados

Os procedimentos cirúrgicos e o período pós-operatório imediato seguiram-se livre de complicações sem sinais de infecção ou outras intercorrências relevantes. Após a eutanásia, constatou-se a presença de uma fratura longitudinal em uma das tíbias de um animal, que ocasionou a exclusão dos implantes deste membro da análise estatística. Os implantes foram inspecionados, e uma vez determinada a estabilidade de todos os implantes, estes foram destinados para os testes de torque. O teste de torque apresentou os seguintes resultados: 70 ± 20 Ncm e 120 ± 20 Ncm para os grupos experimental e controle, respectivamente. O tratamento estatístico apontou diferença estatisticamente significativa entre os grupos experimental e controle ($p < 0,001$), mostrando valores de torque de remoção mais altos para o grupo experimental (Figura 2).

A análise histológica demonstrou íntima interação entre a superfície dos implantes e osso em regiões de osso cortical e trabeculado (Figuras 3). Morfologicamente, as



Figuras 3

A análise histológica demonstrou íntima interação entre a superfície dos implantes do grupo controle (a e c) e experimental (b e d) com o tecido ósseo nas regiões de osso cortical (a e b) e medular (c e d).

A macrogeometria é outro fator que vem gradativamente fazendo parte do armamentário disponibilizado para melhorar o desempenho biomecânico de implantes dentários, na qual o uso do implante cilíndrico tradicional^{2,13} (grupo controle) vem sendo substituído por implantes de forma cônica (grupo experimental), que favorecem a estabilidade inicial, melhorando o desempenho clínico quando inseridos em osso medular¹⁴.

A macrogeometria é outro fator que vem gradativamente fazendo parte do armamentário disponibilizado para melhorar o desempenho biomecânico de implantes dentários, na qual o uso do implante cilíndrico tradicional^{2,13} (grupo controle) vem sendo substituído por implantes de forma cônica (grupo experimental), que favorecem a estabilidade inicial, melhorando o desempenho clínico quando inseridos em osso medular¹⁴. Considerando esse fator, o modelo animal utilizado contempla diferentes quantidades de osso cortical e trabeculado ao longo da tíbia proximal²⁹. Esta

característica anatômica possui implicação clínica importante, visto que áreas de baixa densidade óssea são comuns durante a instalação de implantes em pacientes, onde maior tempo de osseointegração é considerado³⁰.

lâminas adquiridas após duas semanas *in vivo* demonstraram o remodelamento da interface osso/implante entre implantes do grupo controle e experimental. Osso imaturo foi observado entre a superfície do implante e regiões de osso antigo, remanescente.

Discussão

O termo osseointegração tem sido definido como o íntimo contato osso/implante observado através de microscopia óptica¹⁹. Baseado neste conceito, vários autores têm demonstrado sucesso clínico acima de 90% em estudos com controles de longo prazo com a utilização de implantes de superfície usinada, comumente descritas como lisas na literatura^{13,20}. A melhora da biocompatibilidade dos implantes osseointegrados, através de alterações de superfície, fez com que melhores taxas de sucesso fossem alcançadas, tanto nos períodos iniciais da osseointegração quanto nos resultados a longo prazo, isto tornou o estudo da rugosidade de superfície um dos temas mais abordados na última década^{12,21-27}. Uma das razões apontadas para o melhor desempenho dos implantes com rugosidade moderada é o maior embriçamento entre o tecido ósseo e a superfície do implante. Entretanto, quando realizada a nanoidentação do osso neoformado junto a superfície do implante com superfície tratada, este se mostrou com melhores propriedades mecânicas quando comparados ao osso em torno de implantes de superfície usinada²⁸. O tratamento de superfície empregado no presente estudo já está estabelecido na literatura e é conhecido por promover uma superfície de rugosidade moderada, encontrando-se dentro dos padrões aceitáveis para melhora na osseointegração e qualidades mecânicas do osso neoformado junto a superfície²⁸.

Conclusão

Os resultados obtidos no presente estudo confirmaram que em relação aos implantes cilíndricos (grupo controle), o grupo experimental apresentou estabilidade aumentada em tempo de reparo reduzido. Estas características convergem para as tendências atuais dos implantes osseointegrados. Frente aos altos valores de torque obtidos para ambos os grupos, pode-se indicar adequada biocompatibilidade para essa superfície. Estudos dispoendo de grupos controle e experimental, ambos com tratamento de superfície idêntico, são indicados para avaliar alterações de desenho geométrico, considerando que o conjunto de macroestrutura, textura de superfície e instrumentação cirúrgica afetam os estágios iniciais da interação osso/implante²¹. O conjunto de textura de superfície e macrogeometria, com roscas trapezoidais e microrroscas cervicais, apresentado pelo grupo experimental possivelmente justifica o melhor desempenho no teste mecânico. É importante ressaltar que são necessárias mais confirmações, através de novos testes *in vivo* e posteriormente clínicos com uso funcional de próteses, para confirmar potenciais vantagens deste conjunto.

Recebido em: ago/2010

Aprovado em: nov/2010

Endereço para correspondência:

Charles Marin

Rua Joana Marin, 40
88501-350 - Lages - SC
marin@ccs.ufsc.br

Referências

1. Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindstrom J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1969;3(2):81-100.
2. Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA, Lindstrom J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 1981;52(2):155-70.
3. Ong JL, Lucas LC. Post-deposition heat treatments for ion beam sputter deposited calcium phosphate coatings. *Biomaterials* 1994;15(5):337-41.
4. Lemons JE. Biomaterials, biomechanics, tissue healing, and immediate-function dental implants. *J Oral Implantol* 2004;30(5):318-24.
5. Albrektsson T, Wennerberg A. Oral implant surfaces: Part 1--review focusing on topographic and chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them. *Int J Prosthodont* 2004;17(5):536-43.
6. Gonshor A, Goveia G, Sotirakis E. A prospective, multicenter, 4-year study of the ACE Surgical resorbable blast media implant. *J Oral Implantol* 2003;29(4):174-80.
7. Ong JL, Carnes DL, Besho K. Evaluation of titanium plasma-sprayed and plasma-sprayed hydroxyapatite implants in vivo. *Biomaterials* 2004;25(19):4601-6.
8. Luongo G, Di Raimondo R, Filippini P, Gualini F, Paoleschi C. Early loading of sandblasted, acid-etched implants in the posterior maxilla and mandible: a 1-year follow-up report from a multicenter 3-year prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20(1):84-91.
9. Sul YT, Jeong Y, Johansson C, Albrektsson T. Oxidized, bioactive implants are rapidly and strongly integrated in bone. Part 1--experimental implants. *Clin Oral Implants Res* 2006;17(5):521-6.
10. Buser D, Nydegger T, Oxland T, Cochran DL, Schenk RK, Hirt HP et al. Interface shear strength of titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a biomechanical study in the maxilla of miniature pigs. *J Biomed Mater Res* 1999;45(2):75-83.
11. Albrektsson T, Wennerberg A. Oral implant surfaces: Part 2--review focusing on clinical knowledge of different surfaces. *Int J Prosthodont* 2004;17(5):544-64.
12. Al-Nawas B, Kammerer PW, Morbach T, Ladwein C, Wegener J, Wagner W. Ten-Year Retrospective Follow-Up Study of the TiOblast Dental Implant. *Clin Implant Dent Relat Res* Feb 11.
13. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindstrom J, Hallen O et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 1977;16:1-132.
14. Bilhan H, Geckili O, Mumcu E, Bozdag E, Sunbuloglu E, Kutay O. Influence of surgical technique, implant shape and diameter on the primary stability in cancellous bone. *J Oral Rehabil* 2010;37(12):900-7.
15. Bilhan H, Mumcu E, Erol S, Kutay O. Influence of platform-switching on marginal bone levels for implants with mandibular overdentures: a retrospective clinical study. *Implant Dent* 2010 Jun;19(3):250-8.
16. Lee SY, Piao CM, Koak JY, Kim SK, Kim YS, Ku Y et al. A 3-year prospective radiographic evaluation of marginal bone level around different implant systems. *J Oral Rehabil* 2010;37(7):538-44.
17. Lee DW, Choi YS, Park KH, Kim CS, Moon IS. Effect of microthread on the maintenance of marginal bone level: a 3-year prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2007;18(4):465-70.
18. Marin C, Granato R, Suzuki M, Gil JN, Janal MN, Coelho PG. Histomorphologic and histomorphometric evaluation of various endosseous implant healing chamber configurations at early implantation times: a study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 2010;21(6):577-83.
19. Brånemark PI. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent* 1983;50(3):399-410.
20. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1(1):11-25.
21. Al-Nawas B, Groetz KA, Goetz H, Duschner H, Wagner W. Comparative histomorphometry and resonance frequency analysis of implants with moderately rough surfaces in a loaded animal model. *Clin Oral Implants Res* 2008;19(1):1-8.
22. Al-Nawas B, Hangen U, Duschner H, Krummenauer F, Wagner W. Turned, machined versus double-etched dental implants in vivo. *Clin Implant Dent Relat Res* 2007;9(2):71-8.
23. Buser D, Broggin N, Wieland M, Schenk RK, Denzer AJ, Cochran DL et al. Enhanced bone apposition to a chemically modified SLA titanium surface. *J Dent Res* 2004;83(7):529-33.
24. Coelho P. *Histomorphometric and Biomechanical Studies of a Surface Modified Ti-6Al-4V Implant*. A Thesis. Birmingham, Alabama; 2002.
25. Coelho PG, Calamia C, Harsono M, Thompson VP, Silva NR. Laboratory and FEA evaluation of dentin-to-composite bonding as a function adhesive layer thickness. *Dent Mater* 2008;24(10):1297-303.
26. Granato R, Marin C, Gil JN, Chuang SK, Dodson TB, Suzuki M et al. Thin Bioactive Ceramic-Coated Alumina-Blasted/Acid-Etched Implant Surface Enhances Biomechanical Fixation of Implants: An Experimental Study in Dogs. *Clin Implant Dent Relat Res* 2009 Aug 3.
27. Coelho PG, Granjeiro JM, Romanos GE, Suzuki M, Silva NR, Cardaropoli G et al. Basic research methods and current trends of dental implant surfaces. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2009;88(2):579-96.
28. Butz F, Aita H, Wang CJ, Ogawa T. Harder and stiffer bone osseointegrated to roughened titanium. *J Dent Res* 2006;85(6):560-5.
29. Berglundh T, Abrahamsson I, Lang NP, Lindhe J. De novo alveolar bone formation adjacent to endosseous implants. *Clin Oral Implants Res* 2003;14(3):251-62.
30. Zarb GA, Albrektsson T. [Criteria for determining clinical success with osseointegrated dental implants]. *Cah Prothese* 1990(71):19-26.