

Contaminação química superficial de implantes osseointegrados: estágio atual*

Surface contamination of osseointegrated implants: current state of art

Carlos Alberto Reis de Faria Tavares Jr **
Wilson Roberto Sendyk ***
Adriana Bona Matos ****
Alberto Sansiviero*****

Resumo

Atualmente, a implantodontia é um dos grandes recursos para a reabilitação oral. O êxito deste tipo de tratamento está diretamente relacionado à preservação da integridade dos dentes vizinhos e ao crescente avanço nos conhecimentos sobre biomateriais. O titânio, é hoje, o material de eleição para este tipo de procedimento, formando entre a sua superfície e o tecido ósseo a bioadesão. Diversos fatores podem contribuir para o insucesso desta técnica, entre eles: a contaminação da superfície metálica, que pode ocorrer durante a produção, esterilização e manuseio dos implantes. Este estudo, baseado na revisão da literatura, procurou discutir a influência destas substâncias no sucesso clínico deste procedimento. Os implantes de titânio apresentam contaminação superficial, provenientes do processo de fabricação, limpeza, esterilização e embalagem, bem como durante a manipulação clínica do material; esta contaminação pode influir, negativamente, total ou parcialmente, no processo de osseointegração; dentre as substâncias que podem ser encontradas na superfície dos implantes destacam-se o carbono, cálcio, fósforo, sódio, flúor, silício, cloro, enxofre, alumínio, ferro e nitrogênio; são necessários estudos experimentais para se estabelecer os limites de contaminação e a influência desta no processo de osseointegração.

Palavras-chave: Implante dentário endoósseo, efeitos adversos – Osseointegração, efeitos de drogas – Titânio – Propriedades de superfície

Abstract

Implantodontics is currently one of the major resources for oral rehabilitation. The success of such treatment is largely connected with the integrity preservation of neighboring teeth and with the increasing advances in biomaterial knowledge. Titanium is today the material of choice for this kind of procedure, for forming the bioadhesion between the surface thereof and the osseous tissue. Several factors may contribute to the failure of such technique, such as contamination of the metallic surface, which may occur during implant production, sterilization, and handling. This study, based on the literature reviewing, has tried to discuss the influence of such substances on the clinical success of this procedure. Our conclusions are as follows: titanium implants present surface contamination, resulting from the manufacturing process, cleanliness, sterilization, and packaging, and occurring during the clinical handling of the material; such contamination may exert a negative influence, either total or partial, on the osseointegration process; among the substances observed in the implant surfaces, carbon, calcium, phosphorus, sodium, silicon, chlorine, sulfur, aluminum, iron, and nitrogen are the most commonly found; experimental studies are necessary for establishing the limits of contamination and the influence thereof on the osseointegration process.

Key words: Dental implantation endosseous, adverse effects – Osseointegration, drug effects – Titanium – Surface properties

* Resumo do trabalho de Dissertação para obtenção do título de Mestre apresentada na Universidade de Santo Amaro (UNISA).

** Mestre em Implantodontia pela UNISA. Professor Adjunto I de Materiais Dentários da Universidade Paulista (UNIP), UNISA, Universidade Santa Cecília (UNISANTA) e Centro Universitário Nove de Julho (UNINOVE). E-mail: ctavaresjr@terra.com.br

*** Doutor em Periodontia pela Universidade de São Paulo (USP). Professor Titular de Periodontia e Implantodontia da UNISA.

**** Doutora em Dentística pela USP.

***** Doutor em Dentística pela USP. Professor Titular de Materiais Dentários da UNIP, UNISA, UNISANTA e UNINOVE.

Introdução

Os primeiros implantes, foram realizados com metais nobres como o ouro, a prata e a platina, conferindo uma preocupação com a aceitação dos tecidos vivos, que na realidade se traduz em noções de biocompatibilidade, que segundo o Dicionário Médico Ilustrado Dorland é o material harmonioso com a vida e que não possui efeitos tóxicos ou prejudiciais às funções biológicas. Esses implantes apresentavam insucessos, provavelmente por problemas causados pelo contato do metal com os fluidos bucais, com os fluidos corporais e pelo aparecimento de infecções.

Osseointegração é definida como uma união direta e funcional entre o osso e um corpo implantado, o qual pode suportar uma prótese. O titânio, além de não causar fenômenos inflamatórios, foi o metal eleito para a confecção dos implantes pelas características de biocompatibilidade, resistência à corrosão e à fratura e, também, por ser um metal reativo, ou seja, quando em contato com o ar, forma uma película de óxido natural (TiO , TiO_2 e Ti_2O_3) que vão proteger o implante de ataques químicos e dos fluidos corporais.

É importante a topografia dos implantes na qualidade da osseointegração e as superfícies texturizadas tem uma integração implante-osso melhor que uma superfície lisa (Wenneberg *et al.*¹⁹, 1997).

Essa texturização pode ser obtida através de um jateamento por óxidos abrasivos conjuntamente ou não a tratamentos químicos com soluções básicas ou ácidas. Pode ainda, ser obtida através do recobrimento do implante com cerâmicas como a hidroxiapatita, que é semelhante a encontrada no osso humano.

Esse processo para alterar a superfície do implante pode levar a absorção de impurezas.

Além de encontrar contaminantes advindos da esterilização, pode-se encontrar essas impurezas vindas da confecção do implante, da limpeza, do tratamento da superfície, e da embalagem do mesmo. Esses contaminantes podem interferir na osseointegração, dificultando ou impedindo a mesma.

Esse estudo tem como objetivo fazer uma revisão da literatura sobre o grau de pureza da superfície de implantes de titânio, já que esses aspectos da superfície são base para discussão (do grau) de biocompatibilidade dos mesmos.

Revisão da literatura

Darvell *et al.*² (1995) confirmaram nesse estudo a necessidade do uso do titânio como matéria prima de um implante, devido a sua força, baixa densidade, resistência à corrosão e alta biocompatibilidade. O objetivo foi ter uma superfície totalmente descontaminada para evitar reações teciduais. Apesar do titânio ser um metal não corrosivo, há sinais de titânio nos pulmões, baço, fígado e rins, provavelmente por transporte celular. Nessa pesquisa, os autores utilizaram discos de titânio que foram examinados no microscópio eletrônico de varredura. Esses discos sofreram diferentes tratamentos de limpeza

de superfície, foram utilizados jatos de óxido de alumínio, ultra-som com solução de hidróxido de sódio, soluções ácidas e desgaste da superfície com brocas diamantadas. Quando comparadas com o grupo controle, essas amostras apresentaram alumínio, magnésio e silício. O alumínio excedeu a 0,01 % e é advindo do processo de fabricação onde é usado para remover o silício. O silício, também não foi removido completamente.

Aronsson *et al.*¹ (1997) analisaram através da espectroscopia eletrônica, implantes de uma mesma marca comercial, de titânio comercialmente puro. Esses implantes sofreram tratamentos com plasma de argônio/oxigênio e solventes para se ver o poder de limpeza de cada tratamento.

Os autores relataram que o tratamento com plasma de argônio é o que produz melhores resultados (observaram na superfície apenas titânio, oxigênio e carbono), porém pode aumentar o grau de impurezas quando utilizado indevidamente.

Com o tratamento com solventes, os autores encontraram flúor, sódio, nitrogênio, enxofre, cloro, silício, bário, alumínio, carbono, oxigênio e o titânio.

Hellsing⁴ (1997) estudou quatro marcas diferentes de implantes de titânio com 3,75 mm de diâmetro, através da espectroscopia eletrônica de elétrons Auger (AES). Como resultado encontrou a presença de titânio, oxigênio e carbono como elementos principais e relata que o carbono pode ter origem na atmosfera ou nos óleos lubrificantes e solventes utilizados e também, encontrou outros contaminantes em quantidades variáveis como o enxofre, silício, cloro, bário, potássio, sódio, fósforo e cálcio. Esses elementos tem origem nos lubrificantes e solventes utilizados na produção e esterilização dos implantes.

O autor diz ainda, que quanto maior a quantidade de contaminantes, menor será a formação de óxido de titânio e conclui que há diferenças no preparo dos implantes comercializados.

Ellingsen³ (1998), em seu trabalho, relata que os tratamentos que são dados a superfície dos implantes para aumentar a rugosidade visando um maior contato com o osso, podem alterar a superfície dos metais, principalmente quando da adição de elementos, como por exemplo a hidroxiapatita, podendo ser observados elementos como sódio, carbono, sílica e alumínio que talvez interferiram na adesão celular e conseqüentemente prejudicando a osseointegração.

Meira *et al.*⁷ (1998) estudaram o comportamento de implantes de titânio comercialmente puro, diante de dois tratamentos de superfície diferentes: ácido sulfúrico e óxido de titânio. Estabelecem como fases importantes de seu trabalho a seleção do material do implante, limpeza da superfície, tratamentos superficiais e esterilização. Concluem que essas duas substâncias se prestam muito bem para o tratamento superficial de implantes osseointegrados.

Mouhyi *et al.*⁸ (1998) estudaram 17 implantes de uma mesma marca comercial. Retiraram um implante de sua embalagem original e observaram no microscópio eletrônico: 16,6% de titânio, 2,7% de nitrogênio, 55,1%

de oxigênio e 25,5% de carbono.

Em um outro implante aberto antecipadamente, encontraram mais carbono (46,3%), menos titânio (9,3%), menos oxigênio (44,5%) e não encontraram nitrogênio.

Os outros implantes (haviam sido instalados em pacientes), sofreram processos experimentais de limpeza como etanol, ácidos cítricos, ultra-som, abrasivos e laser de CO². Nestes implantes se identificou contaminantes como cloro, sódio e carbono.

Os autores concluem que esses métodos de limpeza foram insatisfatórios e que a exposição ao ar aumenta o nível de carbono na superfície.

Keller⁵ (1998), realizou um trabalho com discos de titânio comercialmente puro e de ligas de titânio com superfícies lisas e rugosas. Esses discos passaram por processos de esterilização em autoclave, ultra violeta e radiação gama. As análises foram feitas pelos métodos XPS e AES.

As amostras autoclavadas foram as que apresentaram maior quantidade de contaminantes como carbono, oxigênio, nitrogênio, ferro, sódio, cloro e silício. As técnicas de esterilização com luz ultra violeta e radiação gama apresentaram uma superfície mais limpa com carbono, oxigênio e nitrogênio. Afirma que a qualidade da água usada na autoclave tem grande influência neste resultado.

Santos e Santos¹⁰ (1998) estudaram através de espectroscopia por energia dispersiva, nove marcas comerciais de implantes (seis de cada marca), de lotes de fabricação diferentes e comparados com um grupo controle. Em todas as leituras, o titânio foi o elemento químico predominante. O carbono foi identificado em todas as amostras. Essas impurezas orgânicas dificultam a adesão de biomoléculas, células epiteliais, fibroblastos e osteoblastos.

Impurezas inorgânicas como nitrogênio, magnésio, zinco, sódio, cálcio, ferro, cobre, silício e alumínio foram identificados em quatro das marcas analisadas e nas outras cinco marcas foi observado um nível maior que 5% de elementos diferentes de titânio. Essas impurezas inorgânicas podem provocar trocas iônicas e corrosão do titânio e ainda não estão definidos os limites normais e patológicos da liberação desses elementos químicos pelo implante para o meio fisiológico.

Mazzonetto *et al.*⁶ (1999) estudaram através de microscopia eletrônica de varredura, 45 implantes, divididos em três lotes de 15 unidades cada com dois tipos diferentes de superfície (um grupo sem tratamento e o outro com bombardeamento de partículas de óxido de alumínio). Resíduos de ferro foram encontrados (principalmente nos implantes lisos e algumas vezes chegavam a ser grosseiros) e os autores relacionam esse fato aos processamentos mecânicos. Nos implantes que sofreram bombardeamento com óxido de alumínio foi mais difícil identificar a presença de contaminantes, devido à rugosidade de sua superfície.

Sykaras *et al.*¹² (2000) estudaram as quatro variações do titânio comercialmente puro. Essas variações estão ligadas a quantidade de oxigênio (grau I possui 0,18% de oxigênio e grau IV 0,4%). Os autores descreveram a

presença de outros elementos como carbono, hidrogênio, nitrogênio e ferro. Afirmaram que esses elementos vão melhorar as propriedades físicas e químicas dos implantes e que os mesmos não vão modificar as características do óxido de titânio e afirmam ainda que os tratamentos para aumentar a rugosidade da superfície podem remover esses contaminantes e aumentar a reatividade do metal.

Sendyk *et al.*¹¹ (2001) analisaram através de um microscópio eletrônico de varredura uma determinada marca comercial de implantes, visando qualificar e quantificar os contaminantes presentes na superfície dos mesmos. As contaminações observadas foram submetidas à análise pelo EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) através de uma microsonda.

Os autores concluíram, que implantes dentários apresentam contaminantes em sua superfície, que podem dificultar, ou mesmo impedir parcialmente o fenômeno de osseointegração e que os contaminantes mais encontrados foram silício, cloro, alumínio, carbono, enxofre, bário e ferro em ordem decrescente.

Pasquinelli⁹ (2001) estudou seis implantes osseointegrados de titânio comercialmente puro (três nacionais e três importados) através de um microscópio eletrônico de varredura e de uma microsonda. Em cada implante foram selecionadas três áreas de leitura: ponta do implante (ápice), parte média e visão geral, totalizando dezoito leituras.

O autor concluiu, que o titânio foi o principal elemento encontrado em todos os implantes; que o acabamento dos implantes importados é superior aos nacionais; que uma das marcas comerciais apresentou apenas traços de alumínio e que as demais marcas comerciais apresentaram traços de carbono, sódio, alumínio, potássio, cloro e enxofre e atribuem esse fato ao uso de solventes, óleos lubrificantes, aos processos mecânicos, à esterilização a vapor, sendo portanto, advindos de falhas no processo de produção.

Discussão

Diversos fatores como a limpeza, esterilização, manufatura, embalagem e tratamentos de superfície levam a contaminação da superfície, que podem prejudicar a adesão de biomoléculas, fibroblastos, osteoblastos, e também podem levar o implante a uma corrosão no titânio e com isso impedir total ou parcialmente a osseointegração (Santos e Santos¹⁰, 1998).

Dentre os contaminantes encontrados destacam-se:

1. Cálcio (Hellsing⁴, 1997; Santos e Santos¹⁰, 1998);
2. Fósforo (Hellsing⁴, 1997);
3. Sódio (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997; Ellingsen³, 1998; Mouhyi *et al.*⁸, 1998; Keller⁵, 1998; Santos e Santos¹⁰, 1998; Pasquinelli⁹, 2001);
4. Flúor (Aronsson *et al.*¹, 1997);
5. Silício (Darvell *et al.*², 1995; Aronsson *et al.*¹¹, 1997; Hellsing, 1997; Keller, 1998; Santos e Santos¹⁰, 1998; Sendyk *et al.*¹¹, 2001);
6. Cloro (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997; Mouhyi *et al.*⁸, 1998; Keller⁵, 1998; Sendyk *et al.*¹¹, 2001);

Pasquinelli⁹, 2001);

7. Enxofre (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997; Sendyk *et al.*¹¹, 2001; Pasquinelli⁹, 2001);

8. Carbono (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing³, 1997; Ellingsen, 1998; Mouhyi *et al.*⁸, 1998; Keller⁵, 1998; Santos e Santos¹⁰, 1998; Sykaras *et al.*¹², 2000; Sendyk *et al.*¹¹, 2001; Pasquinelli⁹, 2001);

9. Ferro (Keller⁵, 1998; Santos e Santos¹⁰, 1998; Mazzonetto *et al.*⁶, 1999; Sykaras *et al.*¹², 2000; Sendyk *et al.*¹¹, 2001);

10. Alumínio (Darvell *et al.*², 1995; Aronsson *et al.*¹, 1997; Ellingsen³, 1998; Santos e Santos¹⁰, 1998; Sendyk *et al.*¹¹, 2001; Pasquinelli⁹, 2001);

11. Radicais OH (Sykaras *et al.*¹², 2000);

12. Nitrogênio (Aronsson *et al.*¹, 1997; Mouhyi *et al.*⁸, 1998; Keller⁵, 1998; Santos e Santos¹⁰, 1998; Sykaras *et al.*¹², 2000);

13. Magnésio (Darvell *et al.*², 1995; Santos e Santos¹⁰, 1998);

14. Oxigênio (Aronsson *et al.*¹, 1997; Mouhyi *et al.*⁸, 1998; Keller⁵, 1998);

15. Bário (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997; Sendyk *et al.*¹¹, 2001);

16. Hidrogênio (Sykaras *et al.*¹², 2000);

17. Zinco (Santos e Santos¹⁰, 1998);

18. Potássio (Hellsing⁴, 1997; Pasquinelli⁹, 2001).

Estes elementos são provenientes de diferentes origens, havendo diferença entre os autores pesquisados na literatura. Em seguida são descritos individualmente cada um dos contaminantes em detalhes, quanto à sua possível origem.

Cálcio: além das soluções utilizadas para lavar o implante, o cálcio pode vir da esterilização à vapor (Hellsing⁴, 1997).

Fósforo: também tem origem nos óleos lubrificantes e líquidos utilizados (Hellsing⁴, 1997).

Sódio: advindo de erros na produção dos implantes (Pasquinelli⁹, 2001); adquirido através do uso de solventes (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997; Mouhyi *et al.*⁸, 1998); através de tratamentos dados as superfícies, especialmente com o uso de hidroxiapatita (Ellingsen³, 1998); de técnicas de esterilização como autoclave (Keller⁵, 1998).

Flúor: do uso de solventes (Aronsson *et al.*¹, 1997).

Silício: de processos de esterilização (Hellsing⁴, 1997); dos tratamentos de limpeza de superfície (Darvell *et al.*², 1995; Aronsson *et al.*¹, 1997).

Cloro: advindos da esterilização à vapor e dos processos de limpeza dos implantes (Keller⁵, 1998); do uso de solventes para limpeza (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997; Mouhyi *et al.*⁸, 1998).

Enxofre: ao uso de solventes para limpeza (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997).

Carbono: da camada de hidrocarbonetos do ar atmosférico (Hellsing⁴, 1997; Mouhyi *et al.*⁸, 1998); dos tratamentos para aumentar a rugosidade da superfície (Ellingsen³, 1998).

Ferro: adquirido na água utilizada na autoclave (Keller⁵, 1998); do processamento mecânico (Mazzonetto *et al.*⁶, 1999).

Alumínio: do processo de fabricação (Darvell *et al.*², 1995); quando do uso de solventes para limpeza da superfície (Aronsson *et al.*², 1997); dos tratamentos para aumentar a rugosidade da superfície (Ellingsen³, 1998).

Nitrogênio: com o uso de solventes (Aronsson *et al.*¹, 1997); com o uso de autoclaves (Keller⁵, 1998).

Magnésio: dos tratamentos de limpeza de superfície (Darvell *et al.*², 1995).

Oxigênio: ao uso de solventes (Aronsson *et al.*¹, 1997); ao uso de autoclaves (Keller⁵, 1998);

Bário: adquirido com o uso de solventes para limpeza dos implantes (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997).

Potássio: origem nos lubrificantes e solventes usados na produção e esterilização dos implantes (Hellsing⁴, 1997).

Ao titânio comercialmente puro são adicionados elementos químicos como carbono, nitrogênio, oxigênio e ferro para melhorar as propriedades mecânicas do metal e os mesmos não vão modificar as características do óxido de titânio, e os tratamentos para aumentar a rugosidade de superfícies podem remover esses elementos e aumentar a reatividade do metal (Sykaras *et al.*¹², 2000).

Quanto maior a quantidade de elementos contaminantes, menor será a formação de óxido de titânio, tendo influência direta na osseointegração (Hellsing⁴, 1997).

As impurezas orgânicas, derivadas do carbono, podem dificultar ou impedir a adesão de biomoléculas, células epiteliais, fibroblastos e osteoblastos, enquanto as impurezas inorgânicas como sódio, cálcio e ferro, entre todas as outras discriminadas nesta pesquisa, podem provocar trocas iônicas e corrosão no implante, podendo impedir parcialmente ou totalmente a osseointegração, e além disso não se sabe os limites normais e patológicos de liberação desses elementos químicos do implante para o meio fisiológico (Santos e Santos¹⁰, 1998).

É quase impossível evitar esses contaminantes, já que a própria exposição do titânio ao ar atmosférico agrega elementos químicos diferentes do titânio, e com os métodos de esterilização, muitos outros elementos são incorporados. Fica claro que o profissional que faz uso dos sistemas de implantes deve ter conhecimentos para a correta utilização dos mesmos e para sempre exigir dos fabricantes um produto de qualidade superior.

Conclusões

1. Implantes dentários apresentam contaminações em sua superfície, oriundos do processo de fabricação, limpeza, esterilização, embalagem, aos processos mecânicos e de tratamento de superfície.

2. Essas contaminações podem impedir parcialmente ou totalmente a osseointegração.

3. Dentre esses contaminantes destacam-se o carbono, cálcio, fósforo, sódio, flúor, silício, cloro, enxofre, alumínio, ferro e nitrogênio.

4. Estudos experimentais são necessários para que se possa estabelecer limites de contaminação e para se saber até que ponto esses elementos químicos são normais ou patológicos para o meio fisiológico.

Referências

1. Aronsson BO, Lausmaa J, Kasemo B. Glow discharge plasma treatment for surface cleaning and modification of metallic biomaterials. *J Biomed Mater Res* 1997; 35 (1): 49-73.
2. Darvell BW, Sammant N, Luk WK, Clark RKF, Tideman H. Contamination of titanium castings by aluminium oxide blasting. *J Dent* 1995; 23 (5): 319-22.
3. Ellingsen JE. Surface configurations of dental implants. *Periodontol* 2000; 1998; 17:36-46.
4. Hellsing M. Comparative surface analysis of four dental implant systems. *J Dent Assoc S Afr* 1997; 52(6): 399-402
5. Keller CJ. Tissue compatibility to different surfaces of dental implants: *in vitro* studies. *Implants Dent* 1998; 7(4):331-7.
6. Mazzone R, Ramires I, Guastaldi AC, Carvalho PSP. Análise da superfície e da adaptação da conexão protética de três implantes dentários endósseos. Estudo *in vitro*. *BCI* 1999 abr-jun; 6(2):34-40.
7. Meira KB, Campos Júnior A, Aragones LCA, Passanezi E. Estudo comparativo do comportamento de implantes de Tícp com superfícies tratadas por ácido sulfúrico e óxido de titânio. Análise histomorfométrica e de torque de remoção. *Rev Fac Odontol Bauru* 1998 jan-mar; 6(1): 47-52.
8. Mouhyi J, Sennerby L, Pireaux JJ, Dourov N, Nam-mour S., Van Reck J. An XPS and SEM evaluation of six chemical and physical techniques for cleaning of contaminated titanium implants. *Clin Oral Implants Res* 1998; 9(3): 185-94.
9. Pasquinelli F. *Implantes: análise da superfície de três marcas nacionais e três importadas, com microscópio eletrônico de varredura (MEV)*. [monografia de especialização] São Paulo: Universidade de Santo Amaro; 2001.
10. Santos PC, Santos JFF. Estudo da composição química da superfície de implantes osseointegráveis de titânio por meio da espectroscopia por energia dispersiva. *RPG Rev Pós-Grad* 1998 jul-set; 5(3):167-70.
11. Sendyk WR, Sendyk M, Sansiviero A, Leal RAG. A importância do tratamento superficial do titânio para o processo de osseointegração. In: *Caderno de Resumos do 4º Congresso de Iniciação Científica*; 2001; São Paulo. São Paulo: Universidade de Santo Amaro; 2001. p. 258.
12. Sykaras N, Iacopino MA, Marker AV, Triplett GR, Woody DR. Implant materials, designs, and surface topographies: their effect on osseointegration. A literature review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000; 15 (5): 675-90.
13. Wenneberg A, Ektessabi A, Albrektsson T, Johansson C, Andersson B. A 1-year follow-up of implants of differing surface roughness placed in the rabbit bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997; 12(4): 486-94.

Recebido em 05/12/2004

Aceito em 07/02/2005

Surface contamination of osseointegrated implants: current state of art*

Carlos Alberto Reis de Faria Tavares Jr **
Wilson Roberto Sendyk ***
Adriana Bona Matos ****
Alberto Sansiviero*****

Abstract

Nowadays, Implantodontics is currently one of the major resources for oral rehabilitation. The success of such treatment is largely connected with the integrity preservation of neighboring teeth and with the increasing advances in biomaterial knowledge. Titanium is today the material of choice for this kind of procedure, for forming the bioadhesion between the surface thereof and the osseous tissue. Several factors may contribute to the failure of such technique, such as contamination of the metallic surface, which may occur during implant production, sterilization, and handling. This study, based on the literature reviewing, has tried to discuss the influence of such substances on the clinical success of this procedure. Our conclusions are as follows: titanium implants present surface contamination, resulting from the manufacturing process, cleanliness, sterilization, and packaging, and occurring during the clinical handling of the material; such contamination may exert a negative influence, either total or partial, on the osseointegration process; among the substances observed in the implant surfaces, carbon, calcium, phosphorus, sodium, silicon, chlorine, sulfur, aluminum, iron, and nitrogen are the most commonly found; experimental studies are necessary for establishing the limits of contamination and the influence thereof on the osseointegration process.

Key words: Dental implantation endosseous, adverse effects – Osseointegration, drug effects – Titanium – Surface properties

Introduction

The first implants were produced with noble metals such as gold, silver and platinum, which reflect the initial concerns about living tissue acceptance. Actually, this can be expressed by biocompatibility notions. According to the Medical Dictionary Dorland a material can be considered compatible if it is harmonious with life and it does not cause any adverse effects to the biological environment. The first implants have shown a huge record of failures, which is probably due to the adverse effects caused by contact of the metal with the oral and body fluids along with the development of infections.

Osseointegration is defined as a direct and functional adhesion between bone and an implanted body that can be used for support of prosthesis. Titanium was considered the material of choice because it does not elicit any inflammatory response and also for its biocompatibility features, corrosion and fracture resistance and due to its chemically active surface, i.e., in contact with the air, a natural oxide layer (TiO, TiO₂ and Ti₂O₃) capable of protecting the implant against chemical attacks and body fluids, is formed.

The implant topography is an important feature for osseointegration. Surface texturing enhances the

osseointegration in comparison with implants with a smooth surface (Wenneberg *et al.*¹³, 1997).

This surface texturing can be accomplished through blasting of abrasive oxides. This procedure can be performed alone or in conjunction with chemical treatments such alkaline or acid solutions. The covering of the implant with ceramics such hydroxiapatite, similar to the one presented in the human body is another way to enhance the surface texture of the implant.

These procedures, used to alter the implant surface, can induce the absorption of impurities.

Besides the contaminants from sterilization, other impurities can be originated through the implant manufacturing, cleaning, surface treatment and the from the implant packing. They can interfere with the osseointegration, making it difficult or even impossible to be achieved.

The objective of this study was to review the literature on the purity degree of titanium implants surfaces, since these aspects are the foundations for the discussion about their biocompatibility.

Literature review

Darvell *et al.*² (1995) confirmed in this study that the titanium should be used for manufacturing of implants

* Part of Dissertation for the obtainment of Master's Degree, Universidade de Santo Amaro (UNISA).

** MSc in Implantodontics, UNISA. Associate Professor, Dental Materials, Universidade Paulista (UNIP), UNISA, Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Centro Universitário Nove de Julho (UNINOVE). E-mail: ctavaresjr@terra.com.br

*** PhD, Professor, Periodontics, Universidade de São Paulo (USP). Chairman, Professor, Periodontics and Implantodontics, UNISA. Coordinator, Master's Degree, Course in Implantodontics, UNISA.

**** PhD, Professor, Operative Dentistry, USP.

***** PhD, Professor, Operative Dentistry, USP. Chairman, Professor, Dental Materials, UNIP, UNISA, UNISANTA, UNINOVE.

due to its strength, low density, corrosion resistance and high biocompatibility. The objective is to have a completely uncontaminated surface in order to avoid tissue responses. Although titanium is not a corrosive material, there are signs of titanium in the lungs, spleen, liver and kidneys, probably due to cellular transport. In this study the authors used titanium disks that were examined under scanning electron microscopy. These disks were subjected to different cleaning treatments: blasting of aluminum oxides, ultra-sonication in calcium hydroxide solution, acid solutions and surface wear by means of diamond burs. When compared to the control group, these samples showed aluminum, magnesium and silicon. The amount of aluminum exceeded 0.01 % and it was originated from the manufacturing process used for silicon removal. The silicon was not completely removed.

Aronsson *et al.*¹ (1997) analyzed implants of commercially pure titanium from the same brand, under electron spectroscopy. These implants were subjected to argon/oxygen plasma and solvents in order to evaluate the cleaning power of each treatment. The authors reported that the argon plasma produced the best results (they observed in the implant surface only titanium, oxygen and carbon), however the impurity degree can increase if this treatment is used improperly. When the specimens were treated with solvents, the authors found fluorine, sodium, nitrogen, sulfur, chlorine, barium, aluminum, carbon, oxygen and titanium on the surface of implants.

Helsing⁴ (1997) evaluated four different brands of implants with a diameter of 3.75 mm by means of electron spectroscopy (AES). As a result, it was reported the presence of titanium, oxygen and carbon as the main elements. According to the author, the carbon could have been originated from the atmosphere or from lubricant oils and solvents employed. Other contaminants, in varied amounts, were also found such as sulfur, silicon, chlorine, potassium, sodium, phosphorus and calcium. These elements were originated from the lubricant and solvents used for production and sterilization of implants. The author also reported that the higher the amount of contaminants, the lower the titanium oxide formation. The conclusion of the study is that there is no difference in the preparation of commercially available implants.

Ellingsen⁹ (1998) reported in his work that the surface treatments are used to increase surface roughness of the area to which bone can bond, however, they can alter the metal surfaces, mainly when some elements like hydroxiapatite are added to the implants surface. Other elements, like sodium, carbon, silicon and aluminum can be observed and may interfere with cellular adhesion and consequently preventing the implant from osseointegration.

Meira *et al.*⁴ (1998) have studied the behavior of commercially pure titanium implants after two different surface treatments: sulfuric acid and titanium oxide. They have established as important steps in their study the material selection, surface cleaning, superficial treatments and sterilization. They concluded that these two substances are safe for superficial treatment of osseointegrated implants.

Mouhyi *et al.*⁸ (1998) have studied 17 implants from the same commercial brand. After removing the implant from the package they observe in electron microscopy: 16.6% of titanium, 2.7% of nitrogen, 55.1% of oxygen and 25.5% of carbon. In another implant, removed in advance, they found more carbon (46.3%), less titanium (9.3%), less oxygen (44.5%) and no signs of nitrogen.

The other implants (that were placed in patients) were subjected to experimental processes of cleaning with ethanol, citric acid, ultra-sonication, abrasives and CO₂ laser. It was identified in these implants contaminants such as chlorine, sodium and carbon. The authors concluded that these cleaning methods were not satisfactory and that the air exposition increases the carbon levels in the implant surface.

Keller⁵ (1998) developed a study with disks of commercially pure titanium and titanium alloys with rough and smooth surfaces. These disks were sterilized in autoclave, ultraviolet and gamma radiation. The analyses were performed by the XPS and AES methods. The specimens that were subjected to sterilization in autoclave showed the highest amount of contaminants like carbon, oxygen, nitrogen, iron, sodium, chlorine and silicon. The sterilization with ultraviolet and gamma radiation showed a cleaner surface with carbon, oxygen and nitrogen. The author claimed that the quality of water used in the autoclave has an impact on the results presented.

Santos and Santos¹⁰ (1998) studied nine commercial brands of implants (six of each brand) from different batches by means of dispersive energy spectroscopy and compared with a control group. In all readings, the titanium was the predominant chemical element. The carbon was identified in all samples. These organic impurities preclude the adhesion of bio-moieties, epithelial cells, fibroblasts and osteoblasts.

Inorganic impurities such as nitrogen, magnesium, zinc, sodium, calcium, iron, copper, silicon and aluminum were identified in four brands and the other five showed a level higher than 5% of elements different from the titanium. These inorganic impurities can cause ion exchange and titanium corrosion. So far there is no knowledge about the normal and pathological release limits of these chemicals from the implant into the physiological environment.

Mazzonetto *et al.*⁶ (1999) studied forty five implants from three batches with 15 units each under scanning electron microscopy. Each brand had two different surfaces (one group was not subjected to any treatment and the other was bombarded with aluminum oxide particles). Iron remains were found (mainly in smooth implants and in some cases were very rough) and the authors correlated this finding with the mechanical processing. It was more difficult to identify the presence of contaminants in the implants that were subjected to the bombarding with aluminum oxide, probably due to the surface roughness.

Sykaras *et al.*¹² (2000) studied four variations of commercially pure titanium. These variations are related to the amount of oxygen (degree I has 0.18% of oxygen and degree IV has 0.4%). The authors described the

presence of other chemicals like carbon, hydrogen, nitrogen and iron. They have claimed that these elements can improve the physical and chemical properties of the implants and modify the titanium oxide features. They also reported that the treatments indicated for the increase in the surface roughness can remove these contaminants and also enhance the metal reactivity.

Sendyk *et al.*¹¹ (2001) evaluated by means of a scanning electron microscopy a commercial brand of implant with the aim to qualify and quantify the contaminants presented in its surface. The contaminants were analyzed by EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) with a microprobe.

The authors concluded that the dental implants presented contaminants in their surface and this may preclude the osseointegration phenomenon total or partially. According to them the most common contaminants were silicon, chlorine, aluminum, carbon, sulfur, barium and iron in descending order.

Pasquinelli⁹ (2001) studied six osseointegrated implants of commercially pure titanium (3 national and 3 imported) by means of scanning electron microscopy and microprobe. Three regions for readings were selected in each implant: the tip of the implant, medium region and general view, summing eighteen readings.

The author concluded that the titanium was the main element in all implants; that the finish of imported implants is superior to the national one; one of the commercial brands showed only traces of aluminum and the other commercial brands showed traces of carbon, sodium, aluminum, potassium, chlorine and sulfur, which was attributed to the use of solvents, lubricant oils, mechanical processing, steam vapor sterilization, or in another others originated from failures in the manufacturing production.

Discussion

Several factors such as cleaning, sterilization, manufacturing, packing and surface treatments can contaminate the implant surface and can, therefore, preclude the adhesion of bio-moieties, fibroblasts, osteoblasts. This can also cause titanium corrosion and avoid the osseointegration total or partially (Santos and Santos, 1998).

Among the contaminants found, it can be pointed out:

1. Calcium (Hellsing⁴, 1997; Santos and Santos¹⁰, 1998);
2. Phosphorus (Hellsing⁴, 1997);
3. Sodium (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997; Ellingsen³, 1998; Mouhyi *et al.*⁸, 1998; Keller⁵, 1998; Santos and Santos¹⁰, 1998; Pasquinelli⁹, 2001);
4. Fluorine (Aronsson *et al.*¹, 1997);
5. Silicon (Darvell *et al.*², 1995; Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997; Keller⁵, 1998; Santos and Santos¹⁰, 1998; Sendyk *et al.*¹¹, 2001);
6. Chlorine (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997; Mouhyi *et al.*⁸, 1998; Keller⁵, 1998; Sendyk *et al.*¹¹, 2001; Pasquinelli⁹, 2001);
7. Sulfur (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997;

Sendyk *et al.*¹¹, 2001; Pasquinelli⁹, 2001);

8. Carbon (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997; Ellingsen³, 1998; Mouhyi *et al.*⁸, 1998; Keller⁵, 1998; Santos and Santos¹⁰, 1998; Sykaras *et al.*¹², 2000; Sendyk *et al.*¹¹, 2001; Pasquinelli⁹, 2001);

9. Iron (Keller⁵, 1998; Santos and Santos¹⁰, 1998; Mazzonetto *et al.*⁶, 1999; Sykaras *et al.*¹², 2000; Sendyk *et al.*¹¹, 2001);

10. Aluminum (Darvell *et al.*², 1995; Aronsson *et al.*¹, 1997; Ellingsen³, 1998; Santos and Santos¹⁰, 1998; Sendyk *et al.*¹¹, 2001; Pasquinelli⁹, 2001);

11. OH radicals (Sykaras *et al.*¹², 2000);

12. Nitrogen (Aronsson *et al.*¹, 1997; Mouhyi *et al.*⁸, 1998; Keller⁵, 1998; Santos and Santos¹⁰, 1998; Sykaras *et al.*¹², 2000);

13. Magnesium (Darvell *et al.*², 1995; Santos and Santos¹⁰, 1998);

14. Oxygen (Aronsson *et al.*¹, 1997; Mouhyi *et al.*⁸, 1998; Keller⁵, 1998);

15. Barium (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997; Sendyk *et al.*¹¹, 2001);

16. Hydrogen (Sykaras *et al.*¹², 2000);

17. Zinc (Santos and Santos¹⁰, 1998);

18. Potassium (Hellsing⁴, 1997; Pasquinelli⁹, 2001).

These elements are originated from different sources and there are differences among the authors found in the literature. The individual contaminants will be described in details along with its possible origin:

Calcium: besides the solutions employed for implant cleaning, calcium can also be originated from steam vapor sterilization (Hellsing⁴, 1997).

Phosphorus: this element comes from lubricant oils and solutions employed (Hellsing⁴, 1997).

Sodium: the source of this element is through manufacturing failures (Pasquinelli⁹, 2001); through the use of solvents (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997; Mouhyi *et al.*⁸, 1998); surface treatments, mainly with the use of hydroxiapatite (Ellingsen³, 1998); or from sterilization techniques such as autoclave (Keller⁵, 1998).

Fluorine: through the use of solvents (Aronsson *et al.*¹, 1997).

Silicon: from sterilization process (Hellsing⁴, 1997); treatments for surface cleaning (Darvell *et al.*², 1995; Aronsson *et al.*¹, 1997).

Chlorine: this element can come from the steam vapor sterilization and from implant cleaning process (Keller⁵, 1998); it can also be originated from the use of solvents for cleaning (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997; Mouhyi *et al.*⁸, 1998).

Sulfur: through the use of solvents for cleaning (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997).

Carbon: from the atmosphere air (Hellsing⁴, 1997; Mouhyi *et al.*⁸, 1998) or treatments used for increase in the surface roughness (Ellingsen³, 1998).

Iron: its source is in the water used in the autoclave (Keller⁵, 1998); or from the mechanical processing (Mazzonetto *et al.*⁶, 1999).

Aluminum: originated from the production process (Darvell *et al.*², 1995); when solvents are used for surface cleaning (Aronsson *et al.*¹, 1997); from

treatments employed to increase the surface roughness (Ellingsen³, 1998).

Nitrogen: originated from the use of solvents (Aronsson *et al.*¹, 1997); with the use of autoclaves (Keller⁵, 1998).

Magnesium: from surface cleaning treatments (Darvell *et al.*², 1995).

Oxygen: from the use of solvents (Aronsson *et al.*¹, 1997); from the use of autoclaves (Keller⁵, 1998);

Barium: it can be acquired from the use of solvents for implants cleaning (Aronsson *et al.*¹, 1997; Hellsing⁴, 1997).

Potassium: originated in the lubricants and solvents used for implants production and sterilization (Hellsing⁴, 1997).

Chemical elements like carbon, nitrogen, oxygen and iron are added to the commercially pure titanium in order to improve the mechanical properties of the metal. They can also modify the titanium oxide layer features and the treatments employed for enhancement of surface roughness can remove these elements and increase the reactivity of the metal (Sykaras *et al.*¹², 2000).

The higher the amount of contaminants, the lower the formation of titanium oxides. This has a direct effect on osseointegration (Hellsing⁴, 1997).

The organic impurities, derived from carbon, can preclude the adhesion of bio-moities, epithelial cells, fibroblasts and osteoblasts, while the inorganic impurities like sodium, calcium, iron and all other described in this literature review can induce ion exchange and corrosion

in the implant. This can avoid the osseointegration partial or totally. Besides that, it is not known about the normal or pathological release limits of these chemical elements from the implant into the physiological environment (Santos and Santos¹⁰, 1998).

It is almost impossible to avoid these contaminants, since the exposition of titanium to the atmosphere air aggregate other chemical elements different from titanium. The same occur with the sterilization methods. Thus, it is clear that the clinicians that use implants must have knowledge for correct use of them and always demand from manufacturers a product with superior quality.

Conclusions

1. Dental implants show contaminants in their surface that are originated from manufacturing, cleaning, sterilization, packing, mechanical processing and surface treatments that they are subjected;

2. These contaminants may preclude partial or totally the osseointegration;

3. Among the possible contaminants the carbon, calcium, phosphorus, sodium, fluorine, silicon, chlorine, aluminum, iron and nitrogen are the most common;

4. Experimental studies are necessary to establish the acceptable limits of contamination and to determine the amount of chemical elements release that can cause adverse effects to the physiological environment.

References

1. Aronsson BO, Lausmaa J, Kasemo. B. Glow discharge plasma treatment for surface cleaning and modification of metallic biomaterials. *J Biomed Mater Res* v. 35, n. 1, p. 49-73, 1997.
2. Darvell BW, Sammant N, Luk WK, Clark RKF, Tideman H. Contamination of titanium castings by aluminium oxide blasting. *J Dent* 1995; 23 (5): 319-22.
3. Ellingsen JE, Surface configurations of dental implants. *Periodontol* 2000; 1998; 17:36-46.
4. Hellsing M. Comparative surface analysis of four dental implant systems. *J Dent Assoc S Afr* 1997; 52(6): 399-402
5. Keller CJ. Tissue compatibility to different surfaces of dental implants: *in vitro* studies. *Implants Dent* 1998; 7(4):331-7.
6. Mazzonetto R, Ramires I, Guastaldi AC, Carvalho PSP. Análise da superfície e da adaptação da conexão protética de três implantes dentários endósseos. Estudo *in vitro*. *BCI* 1999 abr-jun; 6(2):34-40.
7. Meira KB, Campos Júnior A, Aragones LCA, Passanezi E. Estudo comparativo do comportamento de implantes de TiCp com superfícies tratadas por ácido sulfúrico e óxido de titânio. Análise histomorfométrica e de torque de remoção. *Rev Fac Odontol Bauru* 1998 jan-mar; 6(1): 47-52.
8. Mouhyi J, Sennerby L, Pireaux JJ, Dourov N, Namour S, Van Reck J. An XPS and SEM evaluation of six chemical and physical techniques for cleaning of contaminated titanium implants. *Clin Oral Implants Res* 1998; 9(3): 185-94.

9. Pasquinelli F. *Implantes: análise da superfície de três marcas nacionais e três importadas, com microscópio eletrônico de varredura (MEV)*. [monografia de especialização] São Paulo: Universidade de Santo Amaro; 2001.
10. Santos PC, Santos JFF. Estudo da composição química da superfície de implantes osseointegráveis de titânio por meio da espectroscopia por energia dispersiva. *RPG Rev Pós-Grad* 1998 jul-set; 5(3):167-70.
11. Sendyk WR, Sendyk M, Sansiviero A, Leal RAG. A importância do tratamento superficial do titânio para o processo de osseointegração. In: *Caderno de Resumos do 4º Congresso de Iniciação Científica*; 2001; São Paulo. São Paulo: Universidade de Santo Amaro; 2001. p. 258.
12. Sykaras N, Iacopino MA, Marker AV, Triplett GR, Woody DR. Implant materials, designs, and surface topographies: their effect on osseointegration. A literature review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000; 15 (5): 675-90.
13. Wenneberg A, Ektessabi A, Albrektsson T, Johansson C, Andersson B. A 1-year follow-up of implants of differing surface roughness placed in the rabbit bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997; 12(4): 486-94.

Received in 05/12/2004

Accepted in 07/02/2005

