

Ricardo Vieira Bathomarco

**Análise de diferentes processos subtrativos utilizados
no tratamento da superfície de implantes
odontológicos de titânio cp.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DE MATERIAIS E
METALURGIA**

Programa de Pós-graduação em Engenharia
Metalúrgica

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Março de 2003

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Ricardo Vieira Bathomarco

**Análise de diferentes processos subtrativos utilizados no
tratamento da superfície de implantes odontológicos de
titânio cp.**

Dissertação de Mestrado

**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DE MATERIAIS E
METALURGIA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo programa de Pós-
Graduação do departamento de Engenharia de Materiais e
Metalurgia da PUC-Rio.

Orientador Prof. Ivan Guillermo Solórzano Naranjo

Rio de Janeiro, RJ – Brasil.

Março de 2003



Ricardo Vieira Bathomarco

**Análise de diferentes processos subtrativos utilizados no
tratamento da superfície de implantes odontológicos de
titânio cp.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo programa de Pós-
graduação em Ciências dos Materiais e Metalurgia do
Departamento da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão
Examinadora abaixo assinada.

Prof.: Ivan Guillermo Solórzano Naranjo

Orientador

Departamento de Ciências dos Materiais, PUC-Rio

Prof.: Carlos Nelson Elias

Departamento de Engenharia Metalúrgica, UFF

Prof.: Rodrigo Prioli

Departamento de Física, PUC-Rio

Prof.: Fathi Aref Ibrahim Darwish

Departamento de Ciências dos Materiais, PUC-Rio

Prof.: Ney Augusto Dumont

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico, PUC-Rio

Rio de Janeiro, 11 de março de 2003.

É permitida a reprodução total ou parcial do trabalho desde que citados a Universidade, o autor e o orientador.

Ricardo Vieira Bathomarco

Graduou-se em Odontologia na UFF (Universidade Federal Fluminense) em 1995. cursou pós-graduação em Implantodontia. É oficial dentista do Exército Brasileiro responsável pelo setor de Implantodontia da Policlínica Militar de Niterói.

Ficha Catalográfica

Bathomarco, Ricardo Vieira

Análise de diferentes processos subtrativos utilizados no tratamento da superfície de implantes odontológicos de titânio cp / Ricardo Vieira Bathomarco; orientador: Ivan Guillermo Solórzano Naranjo – Rio de Janeiro PUC, Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, 2003.

v., 86f. il. 20 cm

Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia de Materiais e Metalurgia.

Inclui referência bibliográfica

1. Engenharia de Materiais e Metalurgia – Tese. 2. Biomateriais. 3. Titânio cp. 4. Implantes odontológico. 5. Tratamento da superfície.

Para meu filho Fernando e minha esposa Meire.

Agradecimentos

Ao meu professor orientador Ivan Guillermo Solórzano Naranjo por todo apoio, paciência e compreensão.

Ao CNPq, ao Exército Brasileiro e a PUC-Rio, pelos auxílios, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Aos meus pais, pela educação, atenção e carinho de todas as horas.

Aos meus colegas da PUC-Rio.

Aos professores: Carlos Nelson Elias, Departamento de Metalurgia – UFF,

Rodrigo Prioli, Departamento de Física da PUC-Rio e

aos que participaram da Comissão Examinadora.

A todos os professores e funcionários da PUC-Rio pelos ensinamentos e pela ajuda.

Aos amigos e familiares que de uma forma ou de outra me estimularam a desenvolver esta singela, porém séria pesquisa.

Resumo

Bathomarco, Ricardo Vieira; Solórzano, Guillermo. **Análise de diferentes processos subtrativos utilizados no tratamento da superfície de implantes odontológicos de titânio cp.** Rio de Janeiro, 2003. 86p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia de Materiais e Metalurgia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Apesar do titânio e suas ligas serem amplamente empregadas na implantodontia e os resultados das experiências clínicas comprovarem que estes materiais apresentaram excelente biocompatibilidade, existem dúvidas quanto às propriedades físico-químicas ideais das superfícies dos implantes de titânio para se obter uma osseointegração adequada. Todavia, os padrões para definir as propriedades superficiais dos implantes odontológicos ainda não estão definidos na literatura. Estas características são importantes, uma vez que a osseointegração é fortemente dependente da ligação das células com a superfície do implante. Este trabalho tem como objetivo analisar três processos subtrativos utilizados no tratamento da superfície de implantes osseointegráveis de titânio comercialmente puro a saber: abrasão - jateamento, erosão – ataque químico e combinação das duas. Estes métodos permitem avaliar as propriedades físicas e químicas superficiais de cilindros de titânio tratados através destes processos tais como: morfologia superficial, topografia e molhabilidade (ângulo de contato). Foi possível, também, identificar os parâmetros e métodos vinculados que otimizam as condições superficiais para este fim.

Palavra-chave

Titânio; implante odontológico; tratamento superficial.

Abstract

Bathomarco, Ricardo Vieira; Solórzano Guillermo. **Experimental Studies of Different Surface Treatments Applied to Titanium Dental Implants.** Rio de Janeiro, 2002. 86p. Master Dissertation – Department of Materials science and Metallurgy, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Titanium alloys are widely used in dental implants in virtue of clinical evidences of the excellent biocompatibility performance shown by this alloys. However, there are still a number of unanswered questions regarding the ideal physicochemical properties of titanium surfaces used in dental implants aiming at an appropriate integration with the bone. Furthermore, in the literature there are not still available standards defining superficial properties of dental implants. These characteristics are a fundamental importance since biocompatibility is strongly depended upon the connections between host cells and the titanium surface implant. The present work has as objective the analysis of three processes use for surface treatments of dental implants based on titanium of commercial purity, namely mechanically-induced erosion, chemical etching and the combination of both. Such methods applied to titanium cylinders, have permitted one to estimate more closely their physical and chemical surfaces properties, such as surface morphology, surface topology and contact angle (wet ability). It is also identified the factors and methods allowing to obtain the optimal surface conditions for this purpose.

Keywords

Titanium; dental implants; surface treatments.

Sumário

1. Introdução	12
2. Revisão Bibliográfica	17
2.1 Titânio como biomaterial	17
2.2 Tipos de tratamentos superficiais	20
2.3 Propriedades físico-químicas superficiais	23
2.3.1 Pureza superficial	23
2.3.2 Energia livre superficial	25
2.3.3 Morfologia e área efetiva	27
3. Material e Método	29
3.1 Produção das amostras	29
3.2 Preparação das superfícies	29
3.3 Limpeza das amostras	30
3.4 Caracterização do material base	30
3.5 Caracterização superficial	31
3.6 Instrumentos de pesquisa	32
3.6.1 Microscópio de Força Atômica (AFM)	32
3.6.2 Goniômetro	34
3.6.3 Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)	35
3.6.4 Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET)	36
4. Resultados	38
4.1. Material Base	38
4.2. Caracterização das Superfícies	45
5. Discussão	64
4.1. Material Base	38
4.2. Caracterização das Superfícies	45
6. Conclusão	70
7. Apêndice	73
Apêndice A - Propriedades físicas do titânio	73
Apêndice B - Definições e Parâmetros de Rugosidade	74
8. Referências Bibliográficas	81

Lista de figuras

Figura 1.1 - Edentado parcial	12
Figura 1.2 - Prótese por ponte fixa	12
Figura 1.3 - Prótese por implante	12
Figura 1.4 - Tratamento por implantodontia	14
Figura 2.1 - Interface osso-implante	17
Figura 2.2 - Propriedades químicas do titânio	18
Figura 2.3 - Rede cristalina do Ti, HCC.	18
Figura 2.4 - Curvas de tensão-deformação	19
Figura 2.5 - Rútilo	20
Figura 2.6 - Hidroxiapatita	21
Figura 2.7 - Óxido de titânio; TiO_2	23
Figura 3.1 - Amostra, cilindro de titânio	29
Figura 3.2 - Microscópio de Força Atômica	32
Figura 3.3 - Esquema de funcionamento de um AFM	32
Figura 3.4 - Gráfico interação entre a mostra e o AFM	33
Figura 3.5 - Modos de operação do AFM	33
Figura 3.5 - Goniômetro automatizado	34
Figura 3.6 - Interface líquido-sólido em equilíbrio	34
Figura 3.7 - Esquema geral do MEV	35
Figura 3.8 - Esquema geral do MET	36
Figura 4.1 - MEV 1000X, SE	38
Figura 4.2 - MEV 1000X, BSE	38
Figura 4.3 - MEV modo EBSD	39
Figura 4.4 - MET 30000X, campo claro	40
Figura 4.5 - MET 100000X, campo claro	40
Figura 4.6 - MET 25000X, campo claro	41
Figura 4.7 - MET 50000X, campo claro	41
Figura 4.8 - MEV da superfície usinada	45

Figura 4.9 - AFM da superfície usinada	46
Figura 4.10 - MEV da superfície erodida	48
Figura 4.11 - AFM da superfície erodida	49
Figura 4.12 - MEV da superfície abrasonada	51
Figura 4.13 - AFM da superfície abrasonada	52
Figura 4.14 - MEV da superfície abrasonada e erodida	54
Figura 4.15 - AFM da superfície abrasonada e erodida	55
Figura 4.16 -MEV de todas as superfícies estudadas	57
Figura 4.17 - AFM de todas as superfícies estudadas	58

Lista de tabelas e gráficos

Gráfico 4.1.1 - EDS no MET do grão 1	42
Gráfico 4.1.2 - EDS no MET do grão 2	43
Gráfico 4.1.3 - EDS no MET do precipitado de ferro	44
Tabela 4.1 - Medida do ângulo de contato	59
Gráfico 4.3.1 - Rugosidade (R_p , R_z e R_a Max.) x Superfícies	60
Gráfico 4.3.2 - Rugosidade (R_a e R_q) x Superfícies	60
Gráfico 4.3.3 - Rugosidade Média (R_a) x Superfícies	61
Gráfico 4.3.4 - Rugosidade Média (R_a) x Superfícies	61
Gráfico 4.3.5 - Área efetiva (diferencial) x Superfícies	62
Gráfico 4.3.6 - Área efetiva (Área/área usi.) x Superfícies	62
Gráfico 4.3.7 - Goniometria Líquidos x Superfícies	63
Gráfico 4.3.8 - Goniometria Líquidos x Superfícies	63