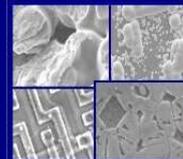




PUCRS

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E  
TECNOLOGIA DE MATERIAIS**

Faculdade de Engenharia  
Faculdade de Física  
Faculdade de Química



PGETEMA

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO ÓSSEO EM IMPLANTES DE  
TITÂNIO REVESTIDOS POR *PLASMA SPRAYING* COM DIFERENTES  
INTERFACES METAL - FILME**

**ALEXANDRE CUNHA**

Bacharel em Física Médica

ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO HÜBLER

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. ROGÉRIO BELLE DE OLIVEIRA

Dissertação realizada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais (PGETEMA) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Tecnologia de Materiais.

*Trabalho Vinculado ao Projeto de Dissertação de Mestrado de Alexandre Cunha e Renata P. Renz*

**Porto Alegre**

**Março 2008**

## SUMÁRIO

RESUMO.....	III
ABSTRACT .....	V
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>10</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>11</b>

## RESUMO

CUNHA, Alexandre. *Avaliação do Crescimento Ósseo em Implantes de Titânio Revestidos por Plasma Spraying com Diferentes Interfaces Metal-Filme*. Porto Alegre. 2008. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL.

Titânio e suas ligas são amplamente aplicados como materiais de implantes ortopédicos e odontológicos devido a sua excelente biocompatibilidade, baixo módulo de elasticidade e alta resistência ao desgaste e à corrosão. Os fatores que influenciam decisivamente a adequada funcionalidade de um biomaterial são o crescimento do tecido ósseo e a sua adesão à superfície do implante. Pesquisas recentes indicam que o processo de adesão entre o implante e o tecido vivo depende da rugosidade superficial, devido à modificação da sua superfície, e do crescimento ósseo nesta região. Essas modificações são alcançadas principalmente com a deposição de revestimentos porosos por aspersão térmica, a aplicação de jateamentos com particulados cerâmicos, ataques ácidos e eletroquímicos, entre outros. O objetivo específico desta pesquisa é estimar a osseointegração de filmes porosos de titânio em contato com a cortical óssea de ovinos, bem como avaliar o comportamento do processo de osseointegração desses filmes. O segundo objetivo é avaliar a adesão destes filmes porosos de titânio depositados sobre superfícies modificadas de discos de titânio. As técnicas de fluorescência de raios X e espectroscopia por energia dispersiva de raios X foram aplicadas para verificar a composição química dos implantes, filme de titânio e implantes osseointegrados. A Microscopia Eletrônica de Varredura foi usada para caracterizar a morfologia dos discos de Ti, filme de titânio e a interface tecido ósseo/filme de titânio/metal-base. Testes de tração foram aplicados para avaliar a osseointegração dos filmes de titânio e a adesão destes aos discos. Os valores de tensão de ruptura estimados para os filmes de titânio são superiores aos verificados em discos sem revestimento poroso de titânio (RENZ, 2007), principalmente no período de 30 dias pós-

operatório. Os filmes de titânio atacados com ácido fluorídrico apresentaram os maiores valores de tensão de ruptura da interface osso-filme quando comparados aos filmes somente depositados, indicando aumento da osseointegração. Os valores de adesão dos filmes de titânio para as superfícies modificadas são maiores que os valores de adesão na superfície somente usinada.

Palavras-Chaves: Osseointegração, Revestimentos Porosos, Implantes de Titânio.

## ABSTRACT

CUNHA, Alexandre. *Evaluation of Bone Ingrowths on Titanium Implants Covered by Plasma Spraying with Different Metal-Film Interfaces*. Porto Alegre. 2008. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais Materials Engineering and Technology Pos-Graduation Program, PONTIFICAL CATHOLIC UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL.

Titanium and its alloys are widely applied as orthopedic and dental materials implants because of their excellent biocompatibility, low elastic modulus and high corrosion and wear resistance. The main causes that influence the adequate biomaterial functionality are the bone tissue growth and its adhesion to the implant surface. Recent researches indicated that the adhesion between the living bone tissue and the implant is related to the surface roughness, due to surface modifications, and the increasing of bone ingrowths in this region. These surface modifications are achieved mostly by deposition of porous coating using thermal spraying technique, application of blasting of ceramic particulates and acid and electrochemical etchings. The main goal of this research is to estimate the osseointegration of titanium porous coating in contact with sheep cortical bone, as well as to evaluate the bone conductive behavior of these coatings. The second goal is to evaluate the adhesive strength of the titanium porous coatings deposited on modified surfaces of titanium coin shaped implants. X-ray fluorescence (XRF) and x-ray dispersive energy spectroscopy (EDS) were applied to verify the chemical composition of the Ti implants, titanium porous coatings and osseointegrated titanium implants. Scanning electron microscope (SEM) was applied to characterize the morphology of titanium coin shaped implants, titanium porous coating and the bone tissue/titanium porous coatings/titanium implants interface. Pull out tests were applied to evaluate the osseointegration and the adhesion of porous coatings on the surface of titanium coin shaped implants. The rupture tension values verified for titanium porous coatings are higher than the values verified for titanium implants

without porous coatings (RENZ, 2007), mainly after 30 days of healing. The titanium porous coatings etched with HF showed the highest rupture tension values when compared with titanium porous coatings as deposited. The adhesion values of titanium porous coatings increased for modified surfaces when compared with the adhesion values verified for the machined surfaces.

Key-words: Osseointegration, Porous Coating, Titanium Implants.

## INTRODUÇÃO

É crescente o número de casos de implantação de próteses que visam reparar ou substituir o tecido ósseo danificado. Cerca de 200 mil pessoas vivem em cadeiras de rodas por falta de um implante ortopédico no Brasil. Muitas outras podem estar definitivamente imobilizadas por terem implantado próteses de má qualidade. Os dados são da Associação Brasileira de Importadores e Distribuidores de Implantes (Abraidi), que representa 164 empresas fabricantes, importadoras e distribuidoras de produtos de Ortopedia. Segundo o INTO (Instituto Nacional de Traumatologia-Ortopedia), vinculado ao Ministério da Saúde (MS), dez mil pacientes aguardam um implante ortopédico. As cirurgias ortopédicas são consideradas procedimentos de alta complexidade pelo MS, que gastou com esse tipo de cirurgia apenas 5% do orçamento de R\$ 12 bilhões destinados a gastos com Ortopedia, o equivalente a R\$ 645 milhões (2003). Devido a esta realidade e procurando garantir a qualidade de vida destes pacientes, com uma longevidade funcional das próteses, inúmeras pesquisas têm sido realizadas, com o intuito de melhorar a fabricação dos implantes e sua interação como o organismo vivo, levando em conta fatores como: biomecânica, biocompatibilidade, osseointegração, entre outros. Dentre esses fatores, a osseointegração é um dos mais importantes após a implantação de uma prótese, para a obtenção do sucesso clínico. A osseointegração se caracteriza pelo crescimento e adesão do tecido ósseo à prótese. Inúmeros estudos têm mostrado a influência da rugosidade e da porosidade de superfície de um implante sobre o processo de osseointegração, principalmente após a primeira metade da década de 80, quando ocorreu o surgimento das próteses não cimentadas, implantes que apresentavam um filme poroso revestindo suas superfícies, em substituição às

próteses cimentadas, consideradas, na época, as melhores e mais eficientes do mercado. As modificações de superfície dos implantes são produzidas com a aplicação de diferentes técnicas, como o jateamento com particulados cerâmicos, ataque ácido e, em destaque, a aspensão térmica, atualmente muito aplicada em implantes ortopédicos (quadril), em substituição às próteses cimentadas. Estes revestimentos são osseointegradores, e guiam o tecido ósseo para o interior de seus poros, dimensionalmente similares à região trabecular óssea. Este fenômeno é chamado de ancoramento (*interlocking*) e aumenta a força adesiva e estabilidade da interface filme/osso, assegurando a funcionalidade da prótese. Por outro lado, a adesão destes filmes aspergidos depende fortemente das condições de superfície do implante a ser revestido, como por exemplo, temperatura e morfologia.

A avaliação da qualidade destes implantes, por meio de testes exigidos pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) e a *FDA (Food and Drugs Administration)*, se faz necessária, visando um ótimo resultado clínico. A osseointegração dos implantes é avaliada através da força adesiva existente entre o osso e a superfície do implante. Testes mecânicos de contra-torque e torque de remoção são, usualmente aplicados com este propósito. Porém, pesquisas recentes indicam que estes métodos de avaliação apresentam muitas imprecisões, já que os testes são realizados com um torquímetro, operado manualmente e sujeito a erros, como: variação na direção do eixo de aplicação da força, aplicação descontínua de força, entre outros (RONOLD, 2002).

Assim sendo, o objetivo específico desta pesquisa é estimar a osseointegração de filmes porosos de titânio em contato com a cortical óssea de ovinos, bem como avaliar o comportamento do processo de osseointegração destes filmes de acordo com as suas características estereológicas. O trabalho também visa avaliar a adesão destes filmes de titânio a superfícies de discos de titânio, modificadas por diferentes tratamentos. A avaliação da osseointegração dos filmes de titânio e a adesão dos mesmos à superfície dos discos foi realizada através de uma nova metodologia, com a aplicação de testes mecânicos de tração, visando à padronização do ensaio, uma vez que o equipamento universal de tração é automatizado e os parâmetros de ensaio estão de acordo com as recomendações

da norma *ASTM C633*, conforme exigência da ANVISA. O uso de implante do tipo disco provê mais confiabilidade nos resultados, aumentando a área real de contato com a cortical óssea e reduzindo o efeito de distribuição não uniforme das forças atuantes na interface osso/implante, quando comparado com implantes do tipo parafuso contendo roscas, muito aplicados na Odontologia.

## **CONCLUSÕES**

O uso de revestimento poroso de titânio aumentou significativamente a adesão óssea, mesmo em períodos pós-cirúrgico curtos, como percebido em 30 dias, mostrando as propriedades de osteocondução dos filmes de titânio.

O aumento da rugosidade de superfície dos discos de titânio aumentou a adesão dos filmes de titânio. Todos os valores de tensão de adesão dos filmes aos implantes foram muito superiores aos verificados para a interface filme-osso.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os discos de titânio comercialmente puro ASTM grau 4 estão de acordo com as recomendações relativas à composição química estipuladas nas normas NBR – ISO 5832-2 e ASTM F 67.

A presença de ferro verificada nas superfícies dos discos do grupo G pode ter sido proveniente do processo de escovamento destas com o uso de cerdas de aço (Fe-C). Essa contaminação por ferro, a princípio, não interferiu na adesão dos filmes de titânio às superfícies dos discos escovados.

Foi verificada a presença de alumínio (Al) e vanádio (V) nas análises de composição química dos filmes de titânio. Esta contaminação pode ser explicada por uma possível presença de resíduos de alumínio e vanádio dentro da pistola de plasma utilizada para a deposição dos filmes.

A contaminação dos filmes de titânio não inibiu o crescimento e adesão óssea nos mesmos.

A morfologia de superfície dos filmes se mostra muito similar às verificadas em filmes comercializados, apresentando poros um pouco menores, mas aceitáveis de acordo com a norma NBR–ISO 168.

A espessura dos filmes se mostrou muito heterogênea, enquanto que a espessura média se apresentou menor em relação às verificadas em filmes depositados sobre próteses ortopédicas.

A preparação das amostras para histologia por uma nova metodologia, utilizando apenas a secção e polimento das amostras se mostrou satisfatória para a análise do crescimento ósseo sobre os filmes de titânio, além de ser uma técnica muito mais simples quando comparada com as análises histológicas com o uso de corantes.

Foi possível verificar diferenças entre o tecido ósseo maduro e o tecido neoformado para ambos os períodos pós-cirúrgicos, durante as fases do processo de osteogênese.