

FALHA PREMATURA DE UM IMPLANTE MAXILO-FACIAL¹

Cássio Barbosa²
Jôneo Lopes do Nascimento²
Ibrahim de Cerqueira Abud²
Iêda Maria Vieira Caminha²

Resumo

Dois fatores têm contribuído para o crescimento da utilização de implantes cirúrgicos ortopédicos: o aumento da longevidade da população e o maior risco de ocorrência de traumas associado às atividades habituais da vida moderna. Materiais metálicos desenvolvidos para aplicações em implantes cirúrgicos, tanto ortopédicos quanto dentários, devem apresentar uma gama de propriedades, entre as quais se destacam a biocompatibilidade, a resistência mecânica e a resistência à degradação (por desgaste ou corrosão). Outro aspecto importante é o projeto (“design”) da peça, que deve ser adequado ao uso. De modo a atingir todos esses objetivos, estes materiais devem atender a certos requisitos, geralmente especificados em normas, em relação à composição química, à microestrutura e mesmo a aspectos macrográficos. O objetivo deste trabalho é analisar a falha de um implante maxilo-facial colocado num paciente que sofreu acidente automobilístico. Basicamente foram utilizadas duas técnicas neste trabalho; análise metalográfica por microscopia ótica e análise fractográfica por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados obtidos com as técnicas empregadas permitem dizer que o implante maxilo-facial falhou por fadiga num intervalo de tempo muito inferior à sua expectativa de vida útil.

Palavras-chave: Análise de falha; Degradação de implantes; Fadiga; Microscopia.

PREMATURE FAILURE OF A JAW FACIAL BONE PLATE IMPLANT

Abstract

Two factors have contributed to the increase of use of surgical orthopedic implants: the increase of the lifetime expectancy of the population and the higher risk of trauma occurrence associated to usual activities of modern life. Metallic materials designed for applications in surgical implants, no matter orthopedic or dental, must show a group of properties, in which biocompatibility, mechanical strength and resistance to degradation (by wear or corrosion) outstand. In order to reach these aims such materials must fulfill certain requirements, usually specified in standards, in relation to chemical composition, microstructure and even macrographic aspects. The main aim of this work is to perform the failure analysis of a plate designed for jaw facial osteosynthesis, installed in a victim of automotive crash. Mainly two techniques were employed in this work metallographic analysis by optical microscopy and fractographic analysis by scanning electron microscopy (SEM). The results obtained with such techniques allowed saying that the jaw facial implant failed by fatigue in a much shorter than predicted time, inferior to its lifetime expectancy. It acted mainly on the region of the hole where the sliding screw was fitted, among other factors such as the difference between the implant design and the femoral geometry.

Key words: Failure analysis; Implant degradation; Fatigue; Microscopy.

¹ *Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

² *Instituto Nacional de Tecnologia (INT), Avenida Venezuela, 82, sala 626, Rio de Janeiro, 20.081-312, cassiob@int.gov.br*



1 INTRODUÇÃO

Ao longo de décadas, com a necessidade de substituir ossos deteriorados ou ajudar na fixação de ossos fraturados, foram desenvolvidos materiais metálicos para a fabricação de dispositivos com essa finalidade, denominados implantes cirúrgicos. Durante o processo de desenvolvimento tecnológico que levou à fabricação dos implantes chegou-se à conclusão de que alguns tipos de metais e suas ligas são mais adequados para este tipo de aplicação, como as ligas cobalto-cromo, aços inoxidáveis e titânio e suas ligas, devido a uma ótima combinação de algumas propriedades como biocompatibilidade, resistência à corrosão, resistência mecânica (tanto sob carregamento estático quanto sob carregamento cíclico) e custo competitivo.⁽¹⁻²⁾ Entre esses materiais metálicos atualmente utilizados na fabricação de implantes, o que apresenta a melhor combinação de biocompatibilidade, resistência à corrosão e resistência mecânica é o titânio.⁽³⁾

Considerando o significativo aumento da expectativa de vida da população mundial nas décadas passadas e a provável continuação deste aumento no futuro.⁽⁴⁾ Ao que tudo indica, assim como o aumento do risco de trauma devido à cada vez maior e mais freqüente exposição de muitos indivíduos a diferentes tipos de acidentes e condições inseguras na atualidade, há uma crescente necessidade de implantes com desempenho satisfatório, capazes de resistir a cargas cada vez mais severas por períodos de tempo cada vez mais longos. Entretanto, para que possam ser utilizados com sucesso neste tipo de aplicação estes materiais devem satisfazer determinados requisitos, geralmente especificados em normas, em relação à composição química, microestrutura e mesmo aspectos macrográficos.⁽¹⁻⁴⁾

A análise de falha se baseia no uso de vários tipos de técnicas para investigar as causas de um defeito que leva ao colapso de um equipamento, componente ou produto. Geralmente estas causas estão relacionadas com o uso de materiais inadequados, a presença de defeitos que surgem durante a fabricação e erros de projeto (*design*), de montagem/instalação, de manutenção ou de uso. O conhecimento sobre essas causas, e a correção dessas anomalias, permite melhorar o desempenho de equipamentos similares e evitar a repetição do mesmo tipo de falha, isto é, significando uma evolução tanto no que se refere a funcionalidade quanto a requisitos de segurança. Frequentemente a análise de falha tenta correlacionar o aspecto topográfico de uma superfície de fratura com sua possível causa, usando técnicas de microscopia, principalmente a microscopia eletrônica de varredura (MEV).⁽⁵⁻⁶⁾

No presente trabalho é apresentado um caso de falha de implante maxilo-facial que aborda uma das mais freqüentes causas de falha prematura de implantes: projeto (*design*) e processamento inadequados. Com esse propósito técnicas como microscopias ótica e eletrônica de varredura (MEV) foram utilizadas para avaliar aspectos macroscópicos e microestruturais do implante.

2 MATERIAL E METODOLOGIA

A Figura 1 mostra uma vista geral do implante maxilo-facial fraturado e a Tabela 1 apresenta a composição química da amostra, que está de acordo com as normas NBR ISO 5832-2-01 e ASTM F 67-00.^(7,8)



Figura 1 – Implante maxilo-facial fraturado: vista geral.

Tabela 1 - Composição química da amostra placa de reconstrução mandibular fraturada de titânio

ELEMENTOS	RESULTADOS OBTIDOS NA ANÁLISE QUÍMICA (%)	LIMITES DA COMPOSIÇÃO, %, SEGUNDO AS NORMAS ASTM F67 E NBR ISO 5832-2				
		Limites de Composição % (máx)				
		Grau 1 ASTM	Grau 1 ISO	Grau 2	Grau 3	Grau 4
Nitrogênio	0,004	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05
Carbono	0,012	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10
Oxigênio	0,141	0,18	0,18	0,25	0,35	0,40
Ferro	0,120	0,20	0,20	0,30	0,30	0,50
Titânio	Restante	Restante		Restante	Restante	Restante

A composição química da placa mandibular atende as especificações das normas NBR ISO 5832 – 2-01 e ASTM F67-00.

O implante analisado também está de acordo com as especificações de composição química estabelecidas na norma ASTM F67-00, que apresenta poucas e pequenas variações em comparação com a norma NBR ISO 5832 – 2.

Este implante foi submetido à preparação metalográfica convencional: corte, embutimento, lixamento (100 malhas a 600 malhas) e polimento (pasta de diamante com granulometria de 6 µm, 3 µm e 1 µm) e ataque com reagente de Keller (solução contendo 1 ml de HF, 3 ml de HCl, 5 ml de HNO₃ e 100 ml de H₂O).

As superfícies de fratura foram analisadas num microscópio eletrônico de varredura (MEV) operando a 20 kV. Imagens macrográficas das superfícies de fratura foram obtidas com o uso de um estéreo-microscópio com baixo aumento.

3 RESULTADOS

A Figura 2 mostra a microestrutura da placa mandibular, constituída por grãos, aproximadamente equiaxiais, de fase alfa, atendendo as especificações das normas.

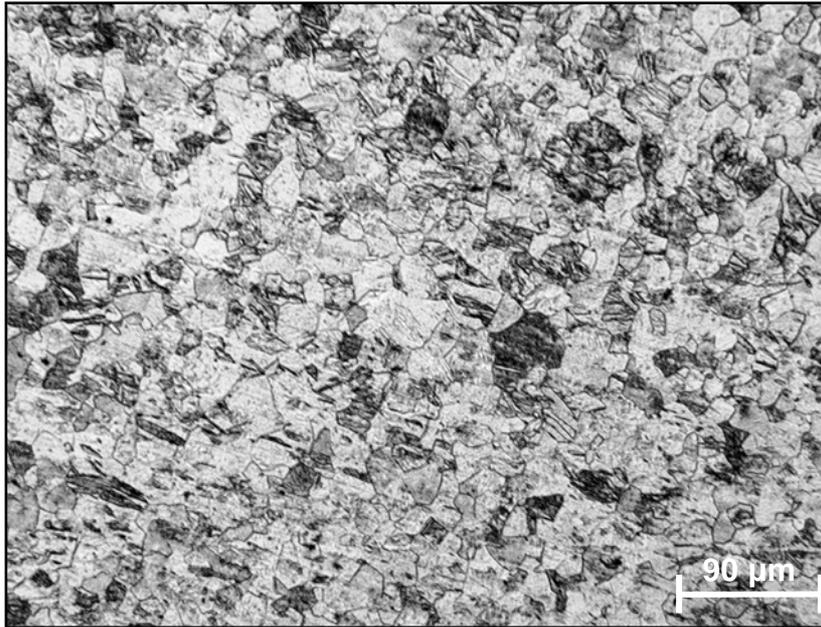


Figura 2 – Microestrutura da placa mandibular. Ataque: Reagente de Keller.

As Figuras 3 e 4 apresentam aspectos macrográficos do implante maxilo-facial, permitindo visualizar com maior aumento o formato dos furos e o acabamento da superfície da peça.



Figura 3 – Placa mandibular: aspecto macrográfico.



Figura 4 – Placa mandibular: aspecto macrográfico: maior detalhe do furo.

As Figuras 5 e 6 mostram imagens, obtidas em microscópio eletrônico de varredura (MEV), a superfície de fratura da placa mandibular com baixo a alto aumento, respectivamente.

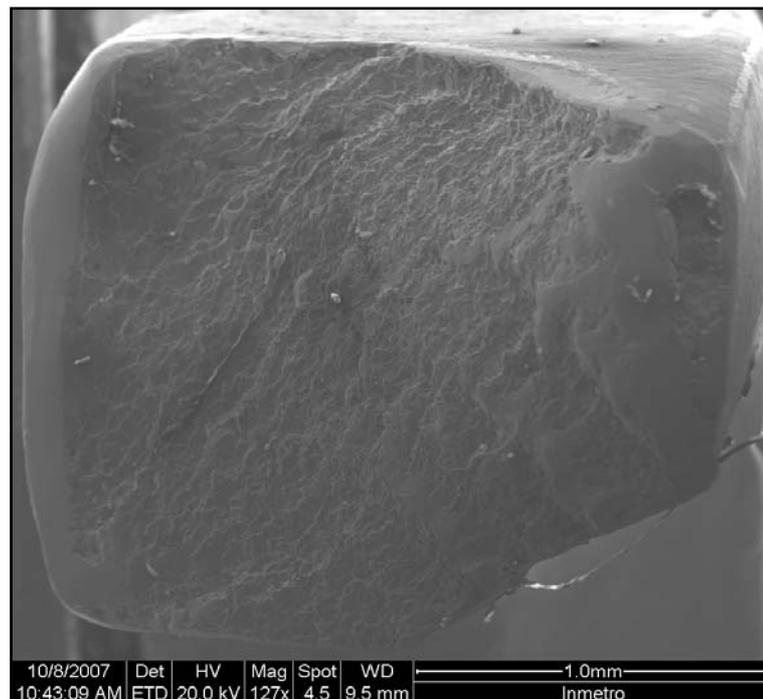


Figura 5 – Superfície de fratura da placa mandibular.

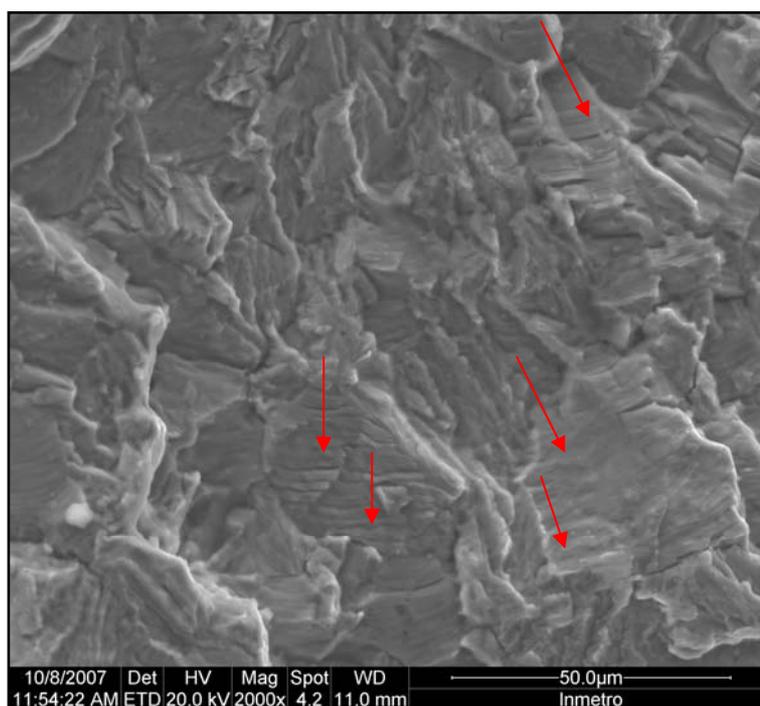


Figura 6 – Detalhe da superfície de fratura da placa mandibular, mostrando estrias de fadiga (assinaladas por setas).

4 DISCUSSÃO

A análise química realizada no material como recebido e o ensaio metalográfico posterior revelaram que o material utilizado na fabricação deste implante maxilo-facial atende completamente às especificações das normas NBR ISO 5832 – 2-01 e ASTM F67-00 no que se refere à composição química e à microestrutura. Sendo assim, a falha não pode ser atribuída ao material usado na fabricação deste implante.

Entretanto, a análise visual macrográfica realizada no implante fraturado, por meio de um estéreo-microscópio, permite afirmar que os orifícios da placa mandibular apresentavam diversas irregularidades, como reentrâncias ranhuras e rugosidades, provavelmente introduzidas durante o processo de fabricação por usinagem, decorrentes de acabamento superficial inadequado, e que poderiam atuar como concentradores de tensões.

A análise fractográfica (Figuras 5 e 6), efetuada com o uso de um microscópio eletrônico de varredura (MEV), indicou de maneira bastante clara que a placa mandibular fraturou por fadiga, como pode ser visualizado na figura 6, que mostra estrias de fadiga. A literatura⁽⁹⁻¹⁴⁾ sobre fadiga de titânio de um modo geral considera que as superfícies de fratura por fadiga de titânio e ligas de titânio pode não se apresentar de modo tão claro quanto nos metais com estrutura cristalina cúbica, devido à maior complexidade do processo de deformação plástica nos metais com estrutura hexagonal compacta, mas apesar disso, no caso da placa mandibular analisada neste estudo as características de fadiga são muito evidentes.

Azevedo⁽⁹⁾ analisou uma placa mandibular semelhante, e chegou à conclusão de que o mecanismo de falha daquele implante foi corrosão-fadiga. Entretanto, no presente caso, a análise da placa mandibular no estéreo-microscópio não revelou



nenhum indício de corrosão. Considerando todos os aspectos analisados, provavelmente a falha da placa mandibular foi causada por fadiga originada pela concentração de tensões acarretada pela presença das reentrâncias, ranhuras e rugosidades (decorrentes de acabamento superficial por usinagem deficiente).

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho a falha de um implante maxilo-facial foi investigada através do uso de diferentes técnicas como análise de composição química, assim como por avaliação microestrutural por microscopia ótica e um estudo fractográfico realizado com o uso de um estéreo-microscópio e um microscópio eletrônico de varredura. Os resultados assim obtidos, e anteriormente discutidos, permitiram as seguintes conclusões:

- A placa mandibular atende as especificações das normas NBR ISO 5832 – 2-01 e ASTM F67-00 no que se refere à composição química e à microestrutura do material, portanto a falha do implante não pode ser atribuída à qualidade do material.
- Este implante fraturou por fadiga, provavelmente por motivos relacionados com o processo de fabricação: acabamento superficial por usinagem deficiente.

Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração de Mauro Melo Rodrigues e Robson Oliveira Centeno na preparação de amostras.

REFERÊNCIAS

- 1 DISEGI, J.A.; ESCHBACH, L.; “Stainless steel in bone surgery”, *Injury*, 31, 2000, p. S-D2-6.
- 2 AZEVEDO, C.R.F.; HIPPERT Jr., E.; “Failure analysis of surgical implants in Brazil”, *Engineering Failure Analysis*, 9, 2002, p. 621- 633.
- 3 WANG, K.; “The use of titanium for medical applications in the USA”, *Materials Science and Engineering*, A213, 1996, p. 134-137.
- 4 FINI, M.; ALDINI, N.N.; TORRICELLI, P.; GIAVARESI, G.; BORSARI, V.; LENGGER, H.; BERNAUER, J.; GIARDINO, R.; CHIESA, R.; CIGADA, A.; “A new austenitic stainless steel with negligible nickel content: an in vitro and in vivo comparative investigation”, *Biomaterials*, 24, 2003, p. 4929-4939.
- 5 WOUTERS, R.; FROYEN, L.; “Scanning electron microscope fractography in failure analysis of steels”, *Materials Characterization*, 36, 1996, p. 357-364.
- 6 METALS HANDBOOK, Ninth Edition, Volume 11, Failure Analysis and Prevention, ASM (American Society for Metals), Metals Park, Ohio, 1986, 843 p.
- 7 ISO 5832-1 Standard, “Implants for surgery – Metallic materials – Part 1: Wrought stainless steel, International Standards Organization (ISO), 1997, 5 p.
- 8 ASTM F 67 Standard, “Standard Specification for Unalloyed Titanium, for Surgical Implant Applications (UNS R50250, UNS R50400, UNS R50550, UNS R50700), 2006.
- 9 AZEVEDO, C.R.F.; “Failure analysis of a commercially pure titanium plate for osteosynthesis”, *Engineering Failure Analysis*, 10, 2003, p. 153-164.
- 10 PETERS, M.; GYSLER, A.; “Influence of texture on fatigue properties of Ti-6Al-4V”, *Metallurgical Transactions*, 15-A, 1984, p.1597-1605.

- 11 WARD-CLOSE, C.M.; BEEVERS,C.J.; “The influence of grain orientation on the mode and rate of fatigue crack growth in α -titanium”, Metallurgical Transactions, 11-A, 1980, p. 1007-1017.
- 12 YUEN, A.; HOPKINS, S.W.; LEVERANT, G.R.; RAU, C.A.; “Correlation between fracture surface appearance and fracture mechanics parameters for stage II fatigue crack propagation in Ti-6Al-4V”; Metallurgical Transactions, 5, 1974, p. 1833-1842.
- 13 HAICHENG, G.; HUIFANG, G.; Shufen, C.; Laird, C.; “Orientation dependence of cyclic deformation in high purity titanium single crystals”, Materials science and Engineering A, A-188, 1994, p. 23-36.
- 14 Chesnutt, J.C.; Williams, J.C.; “Comments on the electron fractography of α -titanium”; Metallurgical Transactions A, 8-A, 1977, p. 514-515.