

FAILURE ANALYSIS IN ORTHOPEDIC IMPLANTS: ANGLED PLATE

Viana, J.D¹, Melo, P.S¹, Azevedo, J.B¹, Daltro, G.C²

¹ Materials Department, Technology Faculty of SENAI CIMATEC, Salvador (BA), Brasil

² Roberto Santos Hospital, Federal University da Bahia, Salvador (BA), Brasil

Abstract. *Prostheses, plates, pins to column and other components has been an excellent alternative in the treatment of bone fractures, especially when it is necessary to recover structural function of bone tissue. Since its permanence and durability when implanted in the human body depends on several factors, among which include: biological factors inherent in the patient, surgical technique and quality of the implants. This work analyzed the quality of explanted prosthesis (angled plate) and the possible causes that led to its failure. Analyses were performed in stereoscopic magnifying glass, microstructural, chemical and Scanning Electron Microscopy, based on the requirements of existing rules. It was observed that the cause of the failure was the fatigue phenomenon.*

Keywords: *Angled plate, failure, fatigue*

ANÁLISE DE FALHA EM IMPLANTES ORTOPÉDICOS: PLACA ANGULADA

Viana, J.D¹, Melo, P.S¹, Azevedo, J.B¹, Daltro, G.C²

¹Área de Materiais, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador (BA), Brasil

²Hospital Roberto Santos, Universidade Federal da Bahia, Salvador (BA), Brasil

E-mail: josiane.dantas@fieb.org.br

Resumo. *Próteses, placas, pinos para coluna e outros componentes são acessórios bastante utilizados no tratamento de fraturas ósseas, principalmente quando é necessário recuperar a função estrutural do tecido ósseo. Já a sua permanência e durabilidade quando implantada no organismo humano depende de alguns fatores, dentre os quais podemos citar: fatores biológicos inerentes do paciente, técnica cirúrgica e qualidade dos implantes. Neste trabalho foi analisada a qualidade de prótese explantada (placa angulada) e as possíveis causas que provocaram a sua falha. Foram realizadas análises em lupa estereoscópica, microestrutural, química e Microscopia Eletrônica de Varredura, baseado nos requisitos das normas vigentes. Observou-se que a causa da falha foi o fenômeno de fadiga.*

Palavras-chave: *Placa angulada, falha, fadiga.*

1. INTRODUÇÃO

A necessidade da utilização de próteses ortopédicas vem aumentando consideravelmente nos últimos tempos, devido ao aumento e envelhecimento da população em países desenvolvidos, o número de cirurgias para substituição total ou parcial de quadril, ou até mesmo das chamadas próteses ‘temporal’, vem se tornando cada vez mais necessárias.

Para que esses implantes desempenhem o seu real papel, quando em contato com o corpo humano, os materiais utilizados na sua fabricação devem atender a

alguns critérios básicos, tais como biocompatibilidade, excelente resistência à corrosão, alta resistência mecânica e boa resistência à fadiga para garantir uma operação segura da prótese durante o período de tempo estimado (Niinomi, 2007).

O aço inoxidável austenítico atualmente tem uma vasta aplicação na fabricação de implantes para osteossíntese, devido às excelentes propriedades mecânicas, resistência à corrosão e de custo-benefício (Azevedo e Hippert, 2002). Porém ainda ocorrem muitas discussões sobre as possíveis causas de falha prematura em próteses desse tipo. Essas falhas podem ser influenciadas por diversos fatores, que incluem: desenho mecânico, seleção de materiais, conformação, procedimento cirúrgico, complicações pós-operatórias e uso indevido do paciente (Tavares et al., 2010).

O presente trabalho teve como objetivo investigar a falha prematura de uma placa angulada utilizada para a osteossíntese, que ocorreu ainda implantada em um paciente brasileiro assistido pelo sistema público de saúde (SUS). Não há informações sobre o tipo de fratura óssea e da implantação dessa placa (incluindo o histórico do paciente, posicionamento dos parafusos e documentação radiográfica).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para esse trabalho foi analisado a causa da falha prematura de placa angulada implantada em paciente após a evidência da falha do implante. A Figura 1 apresenta a localização da falha no implante analisado. A prótese é do tipo multicomponente, e a falha ocorreu em um dos orifícios de fixação do parafuso, próximo à curvatura da placa. Ainda foi possível observar uma deformação acentuada na região da falha (Figura 1-b).

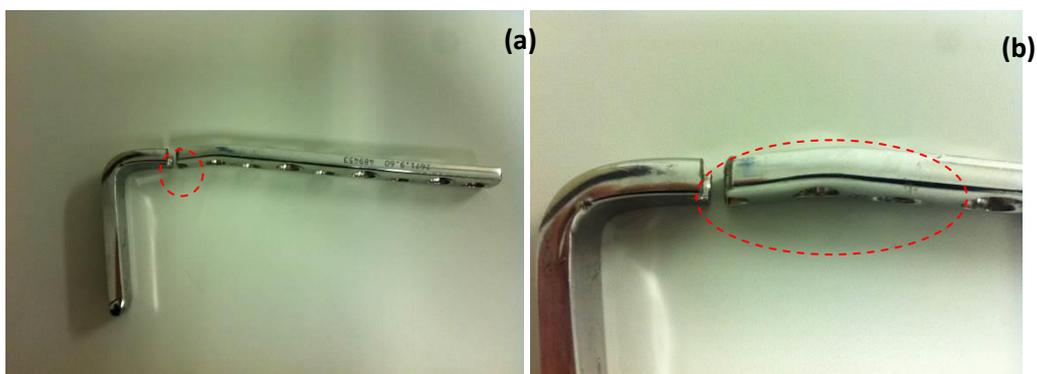


Figura 1 – Aspecto do implante analisado.

2.2 Método

Os ensaios realizados para este estudo foram: análise visual e microestrutural, análise química e microscopia eletrônica de varredura (MEV). A análise química foi feita no equipamento Oxford Instruments, Modelo FOUNDRY MASTER PRO e a análise metalográfica no microscópio óptico Zeiss Modelo SCOPE A1 e por uma lupa estereoscópica Wild Heerbrege. O MEV utilizado foi o Jeol modelo JSM 6510LV. Os resultados encontrados foram comparados com as especificações estabelecidas pela norma ISO. Todos os ensaios de caracterização foram realizados no laboratório da Área de Materiais do SENAI CIMATEC.

3. RESULTADOS

A presença de irregularidades na superfície aumenta a concentração de tensão e diminui drasticamente a resistência à fadiga de qualquer tipo de implante (Woolson et al., 1997). Na grande maioria de implantes e particularmente aqueles que contêm multicomponentes (parafusos e pinos), as regiões de concentração de tensões muitas vezes coincidem com áreas de fenda onde a corrosão localizada é mais provável (Wheller et al., 1971). Na Figura 2 (a e b) é possível observar imperfeições acentuadas na superfície da placa, aspecto não identificado nos demais furos. As imperfeições foram identificadas na superfície de contato com a cabeça do parafuso e na de contato com a fratura, sendo essa superfície com a imperfeição mais acentuada. Os resultados indicaram que a falha da placa ocorreu por um mecanismo desgaste-fadiga sob a ação de tensões nominais baixas. O início da falha pode ser identificado na Figura 3.

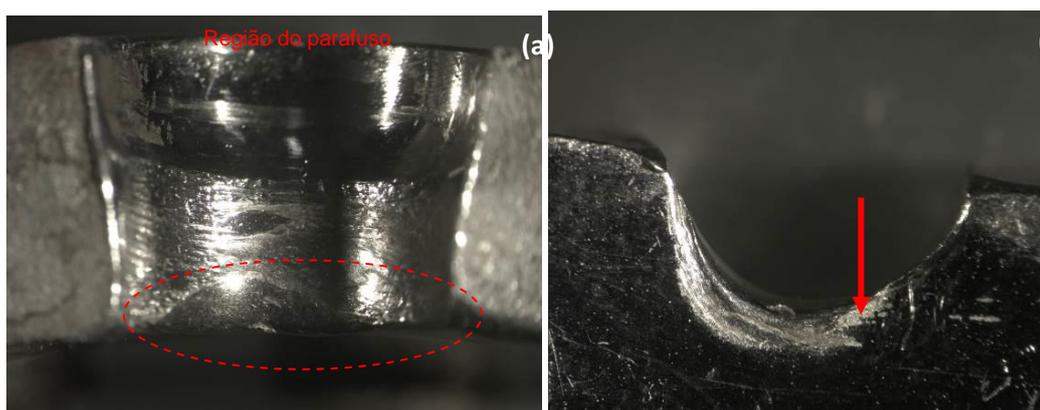


Figura 2 – Aspecto superficial da placa na região da falha.

A superfície de fratura é composta por duas zonas distintas, sendo 90% da região plana e 10% da região fibrosa (Figura 3). Os detalhes das regiões planas mostraram estrias de fadiga, de, aproximadamente 0,6 mm de espaçamento. As linhas que delimitam a falha, confirmando o local de início da falha, que coincide com a região de

maior tensão proporcionada pelo aperto dos parafusos no momento do procedimento cirúrgico, associado a imperfeições superficiais do implante.

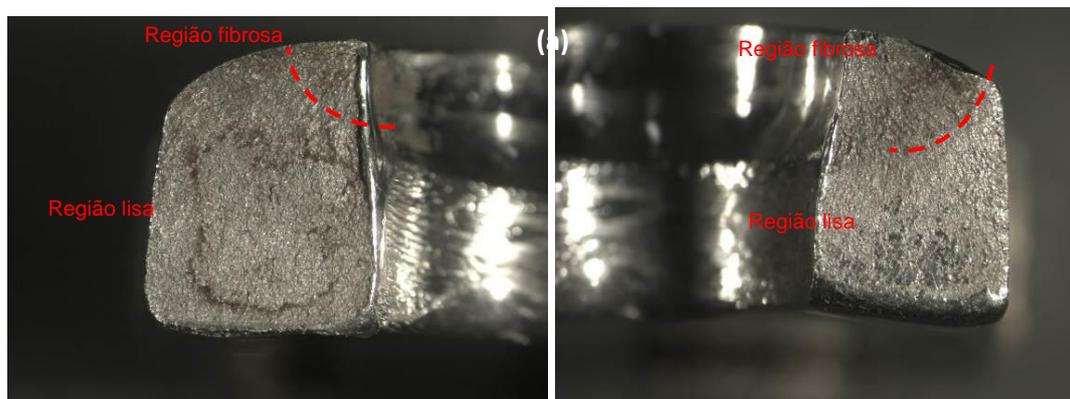


Figura 3 – Factografia da superfície de falha da placa angulada.

A composição química da placa estava de acordo com requisitos mínimos de ISO 5832-1 (ver Tabela 1). Não podendo atribuir a variação de elementos químicos como causa para a existência de algum fenômeno de falha.

Tabela 1 - Resultados análise química (% peso).

Elementos	Carbono	Silício	Manganês	Fósforo	Enxofre	Cromo	Molibdênio	Níquel
Placa	0,028	0,52	1,90	0,025	0,007	18,2	2,89	13,9
Especificação (ISO 5832)	0,030 máx.	1,0 máx.	2,00 máx.	0,025 máx.	0,010 máx.	17,0 – 19,0	2,25 – 3,00	13,0 – 15,0

As microestruturas encontradas apresentam característica de um aço forjado, porém sem uniformidade de tamanho. Na região fibrosa da fratura, a microestrutura apresentou tamanho acima do permitido por norma (ISO 5832), que é um tamanho de grão 4. No meio da falha a microestrutura se estabeleceu com um tamanho inferior (Figura 4).

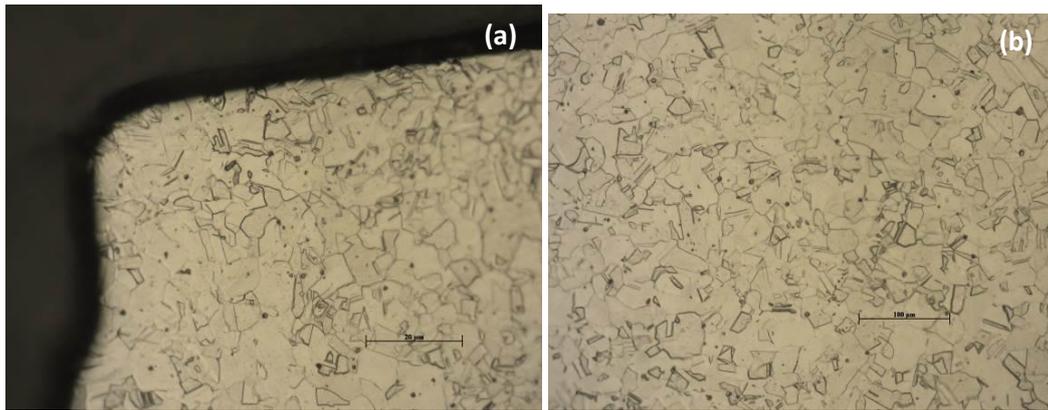


Figura 4 – Micrografia da placa angulada. Ataque eletrolítico (ampliação 200X).

A Figura 5 evidencia a ocorrência de estrias por fadiga, localizadas na região fibrosa da falha, conforme mencionado anteriormente. Já na superfície mais externa da falha ou borda (início da falha) (Figura 6) foi possível localizar vários pontos de propagação de trincas, porém como região com um acentuado processo de amassamento. Esse fenômeno pode ter ocorrido devido ao longo tempo de permanência do implante no paciente após a falha prematura.

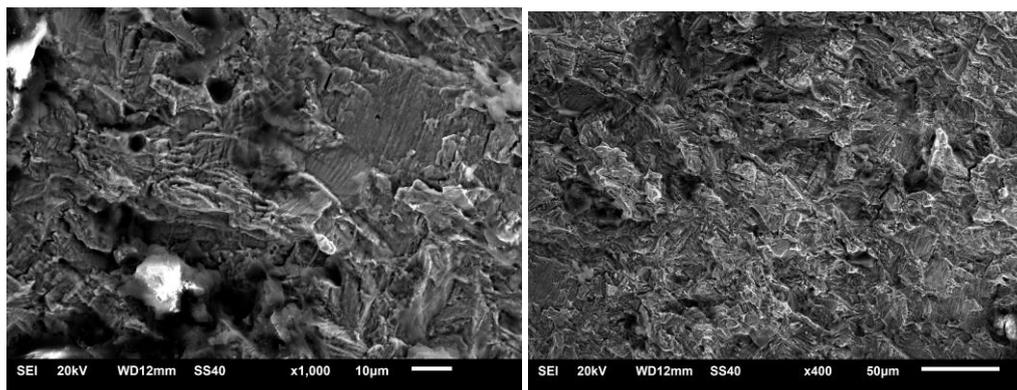


Figura 5 – Microscopia eletrônica de varredura da superfície fibrosa da falha.

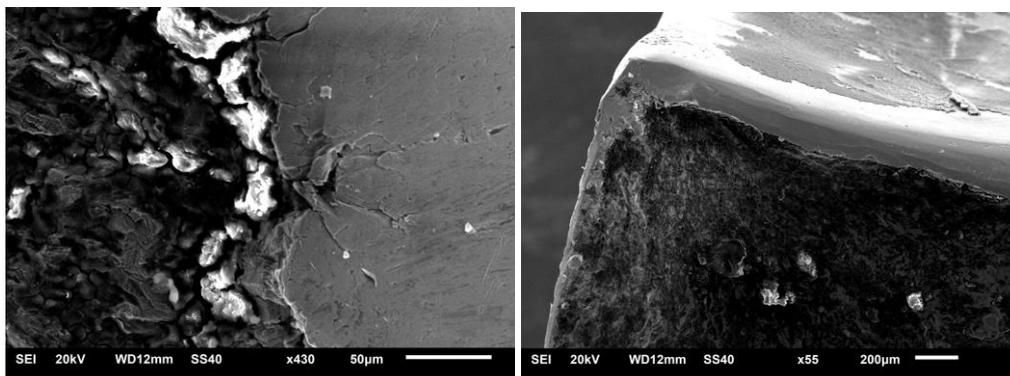


Figura 6 - Microscopia eletrônica de varredura da região de início da falha.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que a fratura da placa analisada ocorreu por um mecanismo de fadiga, sob a ação de baixas tensões nominais e flexão. A fratura foi nucleada em vários pontos, provavelmente devido à presença de defeitos de fabricação em ambas as superfícies da placa, associada com a má concepção do implante no momento cirúrgico, que introduziu pontos de concentração alta tensão, ocasionando o processo de fadiga. De acordo com a norma ABNT NBR ISO 5832-1, o tamanho de grão deve ser menor que 5. Para a placa analisada, o tamanho de grão grosseiro encontrado na região de início e de maior concentração de tensão, favorece o processo de fratura por fadiga, uma vez que a resistência do material é reduzida com o aumento do tamanho de grão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Equipe de Cirurgia do Hospital Universitário da Universidade Federal da Bahia pela doação da amostra estudada, bem como ao Departamento de Materiais da Faculdade de Tecnologia do SENAI CIMATEC pela infraestrutura cedida.

REFERÊNCIAS

- ASTM E3. 2001. Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens. 2001.
- ABNT NBR ISO 5832-1. 2008. Implantes para cirurgia – Materiais metálicos – Parte 1: Aço inoxidável conformado. 2008.
- ABNT NBR ISO 14630. 2010. Implantes cirúrgicos não-ativos - Requisitos gerais. 2010.
- Azevedo, C. R. F., Jr. Hippert, E., 2002. Engineering Failure Analysis 9 621 – 633.
- BOYER, R. RODNEY. 1995. METALS HANDBOOK. [A. do livro] Volume 9. Metallographic and Microstructures. s.l. : 6ª edition, 1995.
- KERLINS V., et al. 1987. METALS HANDBOOK, Volume 12, 1987. Book 12 - Modes of Fracture. s.l. : 9th edition, 1987.
- Miller, A., Shastri, R., Shih, C., 1982. Fracture failure of a forged vitallium prosthesis. J. Bone Joint Surg. [Am.] 64, 1359.1363.
- Niinomi, M. (2007). Fatigue characteristics of metallic biomaterials. International Journal of Fatigue, 29(6), 992–1000.
- Pohler OEM. Failure of metallic orthopaedic implants. In: Metals handbook, vol. 11. [Failure analysis and prevention]. 9th ed. Metals Park: ASM International. p. 668–94.
- Tavares, S. S. M., Mainier, F. B., Zimmerman, F., Freitas, R., Ajus, C. M. I. (2010). Characterization of prematurely failed stainless steel orthopedic implants. Engineering Failure Analysis 17 1246 – 1253.

Teoh, S. H. (2000). Fatigue of biomaterials : a review, 22, 825–837.

Woolson, S.T., Milbauer, J.P., Bobyn, J.D, 1997. Fatigue fracture of a forged cobalt.chromium-molybdenum femoral component inserted with cement. A report of ten cases. J. Bone Joint Surg. [Am.] 79, 1842.1848.

Wheller KR, James LA. Fatigue behaviour of type 316 stainless steel under simulated body conditions. Journal of Biomedical Materials Research 1971;5:267–81.