

DESENVOLVIMENTO DE PARAFUSOS DE OSSO BOVINO: MÉTODO DE USINAGEM E ESTUDO METROLÓGICO COM PROJETER DE PERFIL

BOVINE BONE SCREWS DEVELOPMENT: MACHINING METHOD AND METROLOGICAL STUDY WITH PROFILE PROJECTOR

DAVI P. HAJE¹; JOSÉ B. VOLPON²

RESUMO

Parafusos confeccionados de osso são pouco estudados na literatura. Aspectos estruturais, mecânicos e relativos a osteointegração e osteoindução são importantes tópicos de pesquisa a serem abrangidos previamente ao uso *in vivo* de implantes de osso. Entretanto, o fator inicial a ser avaliado é a usinabilidade do tecido ósseo. Outro ponto de relevância é a verificação da praticabilidade de confeccionar parafusos ósseos de dimensões pré-estabelecidas. Nestas pesquisas, os parafusos foram confeccionados a partir de amostras de osso cortical retiradas de forma padronizada da porção médio-diafisária da tíbia bovina. A usinagem do osso foi realizada em torno horizontal com uso de duas ferramentas: bits de aço e rebolo de ponta montada de óxido de alumínio, produzindo-se 22 parafusos. A avaliação das dimensões dos parafusos ósseos foi realizada em projetor de perfil, tendo-se como referência 10 parafusos metálicos. De forma geral a análise metrológica não mostrou variações significativas dentro do grupo dos parafusos ósseos e metálicos. Os principais problemas dimensionais encontrados nos dois grupos de parafusos foram: ângulos alfa muito elevados nos implantes ósseos e os similares metálicos apresentaram um diâmetro de corpo com valor muito abaixo do esperado. Concluímos que o tecido ósseo foi usinável e a confecção de parafusos de dimensões pré-estabelecidas, mostrou-se possível no osso.

Descritores: Parafusos ósseos; Engenharia Biomédica; Biomecânica.

SUMMARY

Screws made of bone are little studied in literature. Structural, mechanical and osseointegration/ osteoinduction-related aspects are important research topics to be addressed prior to the use of *in vivo* bone grafts. However, the first issue that should be addressed is the machineability of bone tissues. Another relevant issue is regarding the feasibility of building bone screws in pre-determined dimensions. In those researches, screws were made of cortical bone samples removed from the medial-diaphyseal portion of bovine tibiae in a standardized fashion. Bone machining was performed in a horizontal lathe by using two pieces of tool: steel bits and aluminum-oxide tip-mounted grindstone, producing 22 screws. The evaluation of bone screws' dimensions was performed in a profile projector, taking 10 metal screws as reference. In general, the metrological analysis showed no significant changes within bone and metal screws groups. Major dimensional problems found in both screw groups were: very high alpha angles in bone grafts and similar metal grafts presenting a body diameter in a much lower value than expected. We concluded that bone tissue is machineable and the production of screws with pre-defined dimensions was shown to be possible in the bone.

Keywords: Bone screws; Biomedical Engineering; Biomechanics.

INTRODUÇÃO

O metal é o material classicamente utilizado na confecção de parafusos⁽¹⁾. A busca de biomateriais alternativos ao metal para confeccionar implantes cirúrgicos, como os polímeros biodegradáveis, a cerâmica e os derivados do óleo da mamona, ocorre devido a problemas de biocompatibilidade, osteointegração e relacionados com um módulo de elasticidade acima do ideal⁽²⁻⁸⁾.

A possibilidade de um material de osteossíntese possuir as mesmas propriedades de um enxerto ósseo, ou seja, ser osteoindutor, osteocondutor e possuir células osteoprogenitoras, é um atrativo muito interessante. Além disso, parafusos de osso provavelmente irão favorecer a cicatrização óssea, permitindo micromovimentos na linha de fratura ou osteotomia, diminuindo a osteopenia periimplante.

Trabalho realizado no Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Endereço para correspondência: SHIS QL 12 conjunto 10 casa 18, Bairro: Lago Sul - CEP: 71630-305 - Brasília-DF - e-mail: davihaje@yahoo.com.br

1. Doutor em Ortopedia pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo; Ortopedista e Preceptor de Residência Médica do Hospital de Base do Distrito Federal

2. Professor Titular, Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Trabalho recebido em: 18/11/05 aprovado em 23/01/06

Poucos trabalhos na literatura, a maioria deles experimental, relatam a possibilidade de uso de parafusos confeccionados de osso homólogo ou heterólogo⁽⁹⁻¹⁵⁾.

Previamente à produção de parafusos de osso é imperativo verificar se o tecido ósseo é usinável, sendo necessária a seleção de um conjunto máquina-ferramenta adequado para a produção desse tipo de implante. Outro ponto importante é avaliar a praticabilidade de confeccionar parafusos ósseos de dimensões pré-estabelecidas, dentro de um padrão de qualidade aceitável para parafusos cirúrgicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A confecção de parafusos de osso foi realizada com uso de amostras retiradas da porção médio-diafisária da tíbia bovina, de animais jovens. Essas amostras ósseas foram presas ao mandril do torno horizontal (NDT 650, Nardini®, Brasil), mantendo-se a extremidade distal centrada na contra-ponta. Uma ferramenta de aço (*bits* quadrado, de aço rápido com 12% de cobalto, Steelma Ster®, Estados Unidos) utilizada na usinagem foi fixada no porta-ferramenta do torno, ficando a ponta da ferramenta aproximadamente na

altura do centro da peça óssea. Os ângulos de cunha, de saída do cavaco e de incidência principal ou de folga foram, aproximadamente, 68°, 8° e 14°, respectivamente. A Figura 1 ilustra esses ângulos. A peça óssea foi girada (movimento de corte) a 500 rpm e o operador do torno fazia avançar a ferramenta contra a peça óssea (movimento de avanço), sendo o controle dos avanços realizado por meio de anéis graduados (colares micrométricos), com retirada progressiva de camadas de osso, até ser obtida uma peça cilíndrica com diâmetro de 4,5 mm (Figura 2).

Essas peças de osso bovino foram utilizadas na produção de 22 parafusos (Figura 3).

A confecção das roscas seguiu a norma NBR ISO 5835⁽¹⁶⁾, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1996), que refere, entre outras, para parafusos de rosca rasa, de 4,5 mm de diâmetro de rosca: 1- ângulos α e β com valores de 35° e 3°, respectivamente; 2 - passo de 1,75 mm; e 3 - ápice da rosca com comprimento de 0,1 mm (Figura 4).

A confecção das roscas foi realizada com o uso de um rebolo de ponta montada de óxido de alumínio rosa (grupo B-71, Brasillex®, Brasil), angulado 35° em relação ao cilindro (Figura 5A). Esse rebolo foi acoplado a um motor de suspensão (Fava®, Brasil), fixado ao carro superior do torno horizontal, sendo o movimento resultante de corte obtido pelos movimentos de corte (produzido pela rotação da peça óssea) e de avanço (movimento da máquina-ferramenta), associados à rotação uniaxial do rebolo. As roscas se estenderam por 22 mm nos parafusos, com um diâmetro interno de 3 mm.

As cabeças dos parafusos e dos cilindros com cabeças em ambas extremidades possuíam o formato de um quadrilátero, com arestas de 7 mm e comprimento de 10 mm. A confecção da cabeça foi realizada utilizando duas serras metálicas paralelas, equidistantes 7 mm (Figura 5B).

Como grupo de referência foram utilizados 10 parafusos de aço (Figura 6), tipo *vástago*, cedidos pela empresa Baumer® (Tabela 1).

Para a verificação da qualidade da confecção de roscas

e de dimensões padronizadas no osso, em comparação com modelos metálicos, foi utilizado um projetor de perfil de médio porte (Prazis®, Argentina) do Laboratório de Ensaios Mecânicos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza de Ribeirão Preto, com lente de aumento de 10 vezes (Figura 7A).

O projetor de perfil continha uma base, onde os parafusos, um por vez, foram fixados em um acessório, que permitiu a suspensão da parte a ser analisa-

da, que foi projetada em uma tela circular. Foram realizadas medições das dimensões dos parafusos por meio de uma leitura digital eletrônica de 0,001 mm, com uma precisão de projeção de $\pm 0,15\%$ e $\pm 0,10\%$ para os modos episcopia* e diascopia**, respectivamente (Figura 7B e 7C). Para a aferição da inclinação das roscas foi utilizado um anteparo goniométrico com leitura digital eletrônica de 0,01° e capacidade de $\pm 370^\circ$, com linhas de referência segmentadas.

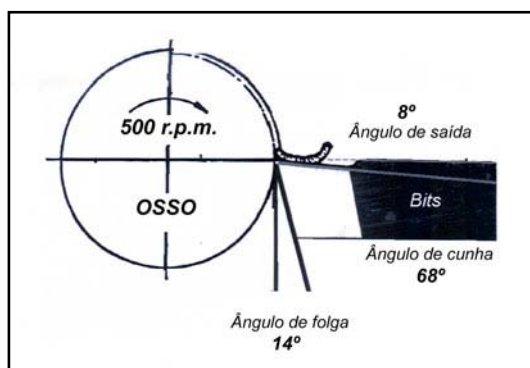


Figura 1 – Ilustração esquemática dos ângulos de cunha, de saída do cavaco e de incidência principal ou de folga da ferramenta (*bits*) utilizada na usinagem do osso.

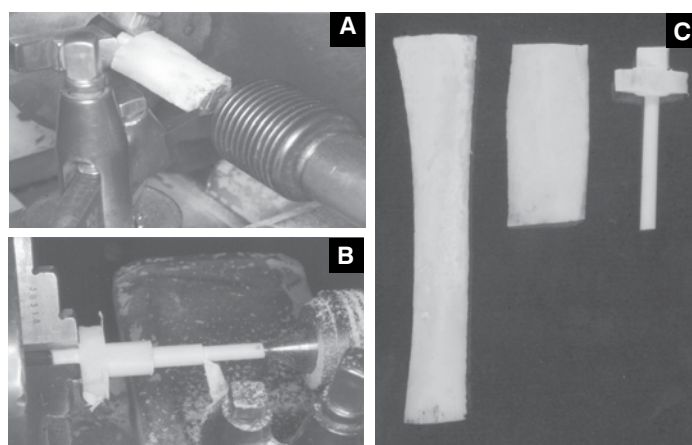


Figura 2 – Ilustração dos principais passos para a obtenção dos parafusos no torno. A amostra óssea foi presa ao mandril do torno horizontal, mantendo-se a extremidade distal centrada na contra-ponta (A). A ferramenta de aço foi avançada contra a peça óssea, com retirada progressiva de camadas de osso (B), até ser obtida uma peça cilíndrica com diâmetro de 4,5 mm (C).

(Footnotes) * Projeção da imagem refletida do objeto. ** Projeção da sombra do objeto.

Foram avaliados os seguintes parâmetros:

1 - Dimensões:

- diâmetro do corpo (porção proximal não rosqueada);
- diâmetro interno;
- altura do filete de rosca;
- comprimento do passo;
- comprimento dos ápices das rosas.

2 - Inclinação da rosca:

- ângulo alfa;
- ângulo beta.

3 - Integridade da superfície das rosas.

Os parâmetros avaliados foram obtidos pela leitura em pontos aleatórios de cada parafuso.

A integridade da superfície das rosas foi avaliada sob episcopia e diascopeia, sendo o restante dos parâmetros avaliados apenas sob diascopeia.

Análise estatística

No estudo metrológico, a comparação entre os grupos de parafusos (ósseos x metálicos) foi realizada utilizando-se o teste "t" para amostras independentes, pois em nenhum grupo e para nenhuma variável foi rejeitada a hipótese de normalidade dos dados.

RESULTADOS

Os resultados das medidas médias dos parâmetros avaliados na projeção de perfil dos parafusos são mostrados na Tabela 2.

Foi verificado que em sete parafusos de osso ocorreram variações na altura de 11 rosas, sendo oito com maior (média de 0,066 mm) e três com menor comprimento (média de 0,064 mm) em relação à altura dos filetes de rosas adjacentes. Os parafusos metálicos não mostraram variações nas alturas dos filetes de rosas para um mesmo parafuso.

Todos os parafusos ósseos apresentaram variação no comprimento médio do ápice de suas rosas, com diferenças na ordem de décimo ou centésimo de milímetros para rosas de um mesmo parafuso. Não foram observadas alterações nesse parâmetro para rosas de um mesmo parafuso metálico.

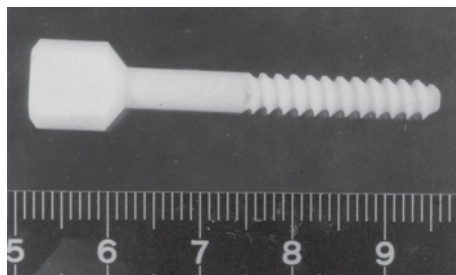


Figura 3 - Parafuso ósseo obtido.

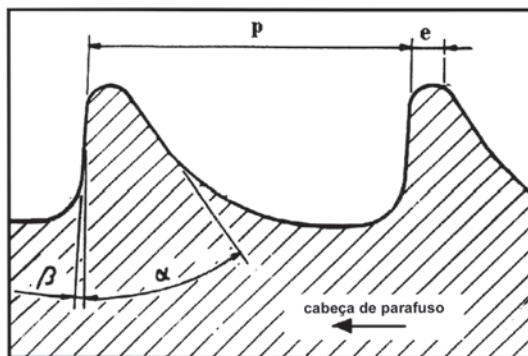


Figura 4 - Ilustração dos ângulos α (35°) e β (3°), do passo ($p = 1,75$ mm) e do comprimento do ápice da rosca ($e = 0,1$ mm). Fonte: ABNT (1996).

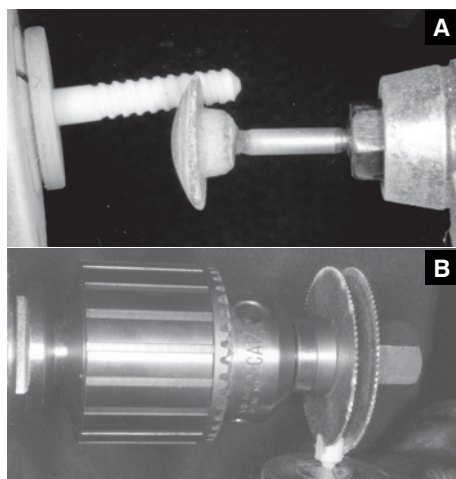


Figura 5 - A - A confecção das rosas foi realizada com um rebolo de ponta montada de óxido de alumínio. B - A confecção da cabeça dos parafusos e cilindros com extremidades quadradas foi realizada utilizando duas serras metálicas paralelas, equidistantes 7 mm.

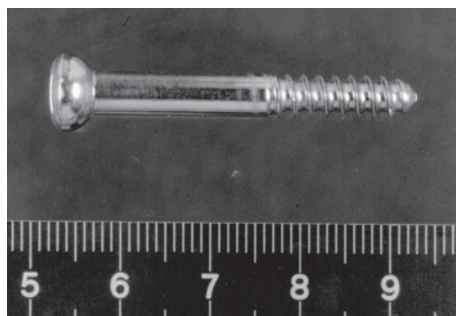


Figura 6 - Parafuso metálico de rosca rasa tipo vástago.

Quanto à avaliação da integridade da superfície das rosas, verificamos que quatro parafusos de osso apresentaram irregularidades em um a quatro passos de rosas, e os parafusos metálicos não apresentaram alterações na avaliação deste parâmetro. A Figura 8 ilustra a superfície irregular das rosas de um parafuso ósseo.

Na comparação entre o grupo de parafusos ósseos e os metálicos, observamos diferenças estatísticas ($p < 0,05$) nos seguintes parâmetros: diâmetro do corpo e ângulo alfa.

DISCUSSÃO

Usinagem: as ferramentas das máquinas operatrizes utilizadas na confecção de objetos podem ser de aço rápido, metal duro ou diamantadas, e com geometrias variadas, sendo que o formato da ponta da ferramenta deve variar conforme a natureza do trabalho

e do próprio material a ser usinado. Se a ponta da ferramenta não estiver de acordo com a técnica, essa ferramenta é colocada em risco e não é obtido o rendimento máximo⁽¹⁷⁾. No processo de usinagem, consideramos o osso, submetido ao torneamento, como material macio e, por essa razão, utilizamos um ângulo de cunha menor e um ângulo de saída maior em relação ao normalmente utilizado para um material duro. Caso tivéssemos trabalhado com material duro, o ângulo de cunha deveria ter sido grande para que a ferramenta pudesse resistir, e o ângulo de saída menor, pois o material duro desprende menos fragmentos que o mole no processo de usinagem. Na porção inferior da peça usinada, entre essa e a ferramenta, foi deixado um espaço, chamado ângulo de folga, para evitar que houvesse atrito excessivo com a peça em rotação.

Mora⁽¹³⁾ afirmou que, para a usinagem de parafusos ósseos, não se faz necessária a utilização de ferramentas de alto nível de qualidade no seu gume principal (como as de diamante), já que a superfície usinada desejável para facilitar a osteointegração, provavelmente, deve ser rugosa, o

que é conseguido com ferramentas de baixo custo.

Consideramos que o material do rebolo (óxido de alumínio) utilizado na confecção das roscas talvez não tenha sido o ideal para esse papel, pois, segundo Cunha⁽¹⁷⁾, quando se empregam rebolos de óxido de alumínio em materiais de baixa resistência à tração, eles se embotam rapidamente, isto é, perdem o corte ou se emplastam. Realizamos a usinagem dos corpos de prova com um movimento de corte considerado baixo (500 rpm) para evitar o aquecimento excessivo do osso.

Consideramos que estudos adicionais são necessários para o desenvolvimento de instrumental adequado para a confecção de parafusos de osso e que devem ser criadas normas específicas para a produção de implantes com esse tipo de material.

Visando a um maior refinamento dos parafusos ósseos, outro aspecto a ser trabalhado é a qualidade da subestrutura ou da base do torno, que deve idealmente possuir alta rigidez à flexão e à torção e baixo coeficiente de dilatação térmica. Uma característica importante no comportamento dinâmico de subestruturas de máquinas-ferramentas está associada à vibração auto-excitada gerada durante o processo de usinagem. Tais vibrações provocam níveis de amplitude de deslocamento relativo entre a ferramenta de corte e a peça trabalhada que comprometem o acabamento superficial e as tolerâncias dimensionais exigidas no processo de fabricação da peça acabada⁽¹⁸⁾.

Análise metrológica: utilizamos a norma NBR ISO 5835⁽¹⁶⁾ da ABNT (1996) para a definir as dimensões dos parafusos ósseos pela inexistência de normas específicas para este tipo de material. Não foi possível seguir todos os aspectos da norma, principalmente aqueles relacionados com a dimensão da cabeça do parafuso, já que ela foi estabelecida para cabeças com conexão para chave hexagonal. A confecção do parafuso ósseo com este tipo de cabeça provavelmente levaria à quebra do osso durante sua usinagem

Especificações	Dimensões	
	Parafuso ósseo	Parafuso metálico
Diâmetro externo	4,5 mm	4,5 mm
Diâmetro do <i>vástago</i>	4,5 mm	4,5 mm
Diâmetro interno	3,0 mm	3,0 mm
Diâmetro externo da cabeça	7,0 mm	8,0 mm
Altura da cabeça	10 mm	4,6 mm
Comprimento total	50 mm	40 mm
Comprimento da rosca	22 mm	13 mm
Inclinação da rosca	*	*
Desenho da rosca	*	*

*segundo a norma NBR ISO 5835.

Tabela 1 – Especificações técnicas dos parafusos de osso bovino e seu correspondente metálico.

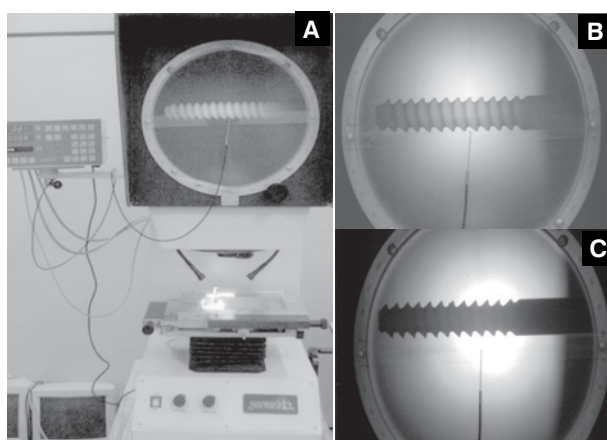


Figura 7 – Avaliação metrológica dos parafusos. Projetor de perfil (A). B - Imagem obtida no modo episcopia e, C - imagem obtida no modo diascopeia.

Variável analisada	Parafusos	
	Ósseos	Metálicos
Diâmetro do corpo (mm)	4,48±0,08	4,38±0,04
Diâmetro interno (mm)	3,06±0,07	3,01±0,10
Altura do filete de rosca (mm)	0,71±0,07	0,68±0,07
Comprimento do passo (mm)	1,77±0,06	1,75±0,01
Comprimento do ápice da rosca (mm)	0,23±0,09	0,25±0,06
Ângulo alfa (graus)	47°65'±1°53'	32°17'±3°74'
Ângulo beta (graus)	11°39'±2°75'	12°58'±2°20'

Tabela 2 – Resultados de alguns parâmetros avaliados na projeção de perfil dos parafusos, com as respectivas médias e desvios padrões.

ou na sua inserção com a chave sextavada.

A medição técnica é um processo importante a ser realizado durante ou após o processo de produção dos parafusos ósseos, podendo ser uma forma de controle de qualidade.

O projetor de perfil foi considerado um bom instrumento de medição, pois assegurou a possibilidade de serem aferidas as dimensões dos parafusos com precisão de até alguns micrômetros (0,001 mm), além de ter sido de fácil manuseio. Apesar de não terem sido encontradas medidas exatas, quando foram verificadas e comparadas as dimensões dos 32 parafusos ósseos e metálicos, consideramos que eles apresentaram variações dentro de limites compatíveis com a literatura. Köberle et al.⁽¹⁹⁾, após realizarem uma avaliação metrológica de parafusos de diversas empresas fornecedoras de material cirúrgico ortopédico, não encontraram implantes que apresentassem todas as dimensões prescritas pela norma. Uthoff⁽²⁰⁾ encontrou diferença no diâmetro de roscas ao longo de um mesmo parafuso metálico de até 70 μm, e de 180 μm, entre fabricantes diferentes.

Em nosso estudo, os valores médios do diâmetro interno e do passo da rosca dos dois grupos de parafusos avaliados foram muito próximos aos valores estipulados pela norma NBR ISO 5835⁽¹⁶⁾. As alturas de filetes de roscas adjacentes

apresentaram variações mínimas, da ordem de centésimo de milímetros, que foram consideradas insignificantes.

Ambos os parafusos, metálicos e ósseos, no presente estudo, apresentaram valores de comprimento de ápice da rosca e ângulo β significativamente superiores em relação ao valor teoricamente ideal. Segundo Belangero e Mariolani⁽²¹⁾ o valor do ângulo β deve ser o mais próximo possível de zero, para que a parte superior do filete de rosca do parafuso tenha maior área de contato com o tecido ósseo e, portanto, maior resistência ao arrancamento. Esses mesmos

autores, após realizarem ensaios mecânicos em parafusos metálicos de 4,5 mm, verificaram que o parafuso com maior ângulo β foi o que mais resistiu à força de arrancamento e consideraram que outros fatores foram a causa desse resultado controverso. Em nosso estudo, os parafusos metálicos estavam com o diâmetro do corpo, em média, dois décimos de milímetro abaixo do valor estabelecido pela norma da ABNT, o que, segundo Belangero e Mariolani⁽²¹⁾, pode influenciar na força de arrancamento. Estes autores encontraram que essa propriedade mecânica foi significativamente superior para o parafuso com maior diâmetro externo. Belangero e Mariolani⁽²¹⁾ relataram, ainda, que rosqueadores e parafusos com diâmetros interno e de rosca diferentes dos padronizados podem influenciar na força de arrancamento do parafuso.

A presença de ângulos α e β elevados, fora de padrões considerados ideais, mostrou que o ápice da ferramenta utilizada (rebolo de ponta montada), provavelmente, não tinha um formato ideal, ou não foi angulado de forma ideal em relação ao osso durante o processo de usinagem.

Consideramos que os defeitos de fabricação de parafusos ósseos detectados no presente trabalho, como dimensões ligeiramente fora dos valores estipulados e irregularidades na suas superfícies, provavelmente poderão ser minimizados com o aprimoramento do processo de usinagem. Todavia, valores dimensionais seguindo rigorosamente as normas dificilmente serão conseguidos. Schnider⁽²²⁾ relata que a manutenção dos ângulos β e α durante o processo de

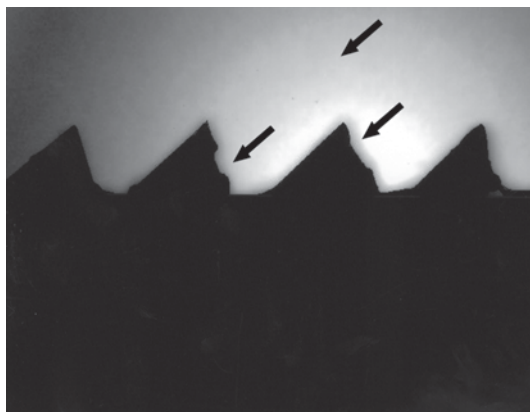


Figura 8 – Detalhe da projeção de perfil de parafuso ósseo, apresentando duas roscas adjacentes com irregularidades em sua superfície (setas).

fabricação de parafusos metálicos é difícil e requer equipamento de alta precisão, com rigoroso controle de qualidade. Para o osso, isto provavelmente seria ainda mais difícil de ser conseguido.

Não observamos variações significativas dos parâmetros dimensionais analisados dentro do grupo dos parafusos feitos de osso e metálicos, o que foi constatado pelo pequeno desvio padrão das variáveis medidas. Entretanto, a aferição dos parâmetros dimensionais em mais locais de um mesmo parafuso poderia ter melhora-

do a precisão da análise metrológica, mas não de forma significativa.

CONCLUSÕES

Realizando uma avaliação geral dos resultados da projeção de perfil, consideramos que a confecção de parafusos de dimensões pré-estabelecidas, mostrou-se possível no osso, apresentando padrão de qualidade dimensional comparável com modelo metálico similar. Além disso, no processo de usinagem de parafusos de osso, consideramos factível copiar modelos metálicos e obedecer a normas técnicas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Oficina Mecânica de Precisão da Prefeitura do Campus de Ribeirão Preto (USP) pela confecção dos parafusos ósseos e ao Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (ETE José Martimiano da Silva) de Ribeirão Preto pelo uso do projetor de perfil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Russell TA. Princípios Gerais do Tratamento das Fraturas. In: Crenshaw A H. Campbell's operative orthopaedics. Tradução de Fernando Gomes do Nascimento. 8a. ed. São Paulo: Malone;1996. p.771-834.
- Fischer-Brandies E, Zeintl W, Schramel P, Benner KU. Zum Nacheis von Titan im Organismus bei temporärer Alloplastik. Dtsch Zahnärztl Z. 1992; 47:526.
- Mcauley JP, Gow KV, Covert A, Mcdermott AG, Wabsley RH. Analysis of a Lane – plane internal fixation device after 64 years in vivo. Can J Surg. 1987; 30:424-7.
- Moberg LE, Nordenram A, Kjellmann O. Metal release from plates used in jaw fracture treatment. A pilot study. Int J Oral Maxillofac Surg. 1989; 18:311-4.
- Schliephake H, Reiss G, Urban R, Neukam FW, Guckel S. Metal release from titanium fixtures during placement in the mandible: an experimental study. Int J Oral Maxillofac Implants. 1993; 8:502-11.
- Schroeder HA, Balassa JJ, Tipton IH. Abnormal trace metals in man: Titanium. J Chronic Dis. 1964; 17:483-502.
- Tonino AJ, Davidson CL, Klopper PJ, Inclau LA. Protection from stress in bone and its effects: experiments with stainless steel and plastic plates in dogs. J Bone Joint Surg. 1976; 58:107-113.
- Uthoof HK, Finnegan M. The effects of metal plates on post-traumatic remodeling and bone mass. J Bone Joint Surg. 1983; 65:66-71.
- Actis A, Obwegeser J, Bertolotto P. Effects of enzymatic treatments on the biomechanical properties of screws made of bone. J Biomater Appl. 2003; 17: 207-19.
- Actis A, Obwegeser J, Rupérez C. Influence of different sterilization procedures and partial demineralization of screws made of bone on their mechanical properties. J Biomater Appl. 2004; 18:193-207.
- Bento AB. Análise de resistência mecânica em implantes de osso – um enfoque numérico e experimental [dissertação]. Florianópolis: Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Santa Catarina; 2003.
- Gallie WE. The use of boiled bone in operative surgery. Am J Orthop Surg. 1918; 16:373.
- Mora FAR. Fabricação de implantes ortopédicos a partir da usinagem de osso humano [tese]. Florianópolis: Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina; 2000.
- Obwegeser JA. Bioconvertible screws made of allogenic cortical bone for osteosynthesis following sagittal split ramus osteotomy without postoperative immobilization. J Craniomaxillofac Surg. 1994; 22:63-75.
- Rano AJ, Savoy-Moore RT, Fallat LM. Strength comparison of allogenic bone screws, bioabsorbable screws, and stainless steel screw fixation. J Foot Ankle Surg. 2002; 41:6-15.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT]. NBR ISO 5835: Implantes para cirurgia – parafusos ósseos metálicos com conexão para chave hexagonal, parte inferior da cabeça de forma esférica e rosca assimétrica – dimensões. São Paulo: ABNT; 1996.
- Cunha LS. Manual prático do mecânico. 7a. ed. São Paulo: Hemus; 1972.
- Lintz RCC. Estudo de materiais alternativos para fabricação de estruturas de máquinas-ferramenta [tese]. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas; 2003.
- Köberle G, Camargo Junior JN, Sugimori N. Avaliação metrológica de parafusos corticais. Rev Bras Ortop. 1983; 18:141-5.
- Uthoof HK. Mechanical factors influencing the holding power of screws in compact bone. J Bone Joint Surg Br. 1973; 55:633-9.
- Belangero WD, Mariolani JRL. Influência da geometria de parafusos corticais AO quanto ao arrancamento "in vitro". Rev Bras Ortop. 1992; 27:177-9.
- Schnider K. Dreherei und Chirurgie. Feinwerktechnik Messtechnik.1989; 97:28-30.