

Caracterização biomecânica de implantes dentários de diâmetro estreito

Donald Responde, PhD, Senior Test Engineer, Zimmer Biomet

Introdução

Os implantes de diâmetro estreito (NDI, narrow diameter implants) destinam-se à colocação em locais onde não é viável a colocação de implantes de diâmetro largo devido a limitações anatômicas. Por exemplo, os implantes de diâmetro estreito podem ser utilizados em áreas com espaços estreitos entre os dentes adjacentes, entre raízes convergentes ou em situações de um rebordo estreito. Além disso, os implantes de diâmetro estreito podem ser utilizados para substituir dentes pequenos, incluindo os incisivos laterais dos maxilares superior e inferior. Devido à colocação de NDI na região anterior, também são essenciais as considerações estéticas quanto ao modelo dos implantes de diâmetro estreito.

Foram realizados diversos estudos para avaliar a eficácia de implantes de diâmetro estreito. Por exemplo, uma avaliação de 316 NDI durante um período de seguimento de 10 anos demonstrou uma taxa de sobrevivência cumulativa correspondente a 92,3%, sem quaisquer fraturas no implante.¹ Do mesmo modo, outro estudo analisou 510 implantes de diâmetro entre 3,0 e 3,5 mm para vários sistemas de implante.² Apenas três dos 510 implantes ficaram danificados, demonstrando assim uma taxa de sucesso de 99,4%. De um modo geral, estes estudos a longo prazo demonstraram que os implantes de diâmetro estreito podem apresentar taxas de sucesso equiparáveis aos implantes de maior diâmetro, sugerindo, assim, que os implantes de diâmetro estreito podem ser uma opção de tratamento promissora em situações para as quais não é recomendada a colocação de implantes de diâmetro largo.

Apesar dos resultados promissores, os NDI apresentam várias potenciais desvantagens que poderão limitar a sua utilização. Concretamente, os fatores de risco biomecânicos têm de ser analisados cuidadosamente antes da utilização clínica dos NDI.³ Estudos demonstraram que os implantes de diâmetro mais pequeno têm propriedades mecânicas mais reduzidas⁴, sugerindo que é aconselhável realizar ensaios de fadiga a NDI, de modo a reduzir o risco de fratura na prática clínica. Além disso, a simulação matemática da distribuição de tensões ao redor de implantes demonstrou que o diâmetro do implante tem uma influência maior nas propriedades mecânicas do que o comprimento do implante.⁵ Os estudos teóricos e experimentais sugerem que deverá ser realizada uma caracterização mecânica completa para os NDI.

Outra consideração crucial é a estabilidade primária, a qual tem sido considerada importante para facilitar a osteointegração dos implantes dentários.⁶ Uma vez que os NDI apresentam áreas de superfície mais reduzidas do que os implantes de diâmetro largo, o menor contacto com o osso poderá reduzir potencialmente a estabilidade primária. Tem sido avançado que os implantes de maior diâmetro obtêm estabilidade primária em casos onde é comum uma densidade óssea reduzida.⁷ Para assegurar que os NDI apresentam estabilidade primária suficiente, deverão ser realizados ensaios tal como os relativos ao torque de inserção. Além disso, os ensaios mecânicos à torção podem demonstrar se os NDI apresentam força suficiente para suportar o torque de inserção. Esses ensaios, em conjunto com os dados obtidos dos ensaios de fadiga, podem reduzir o risco de falha mecânica em aplicações clínicas.

Para caracterizar a biomecânica de implantes de diâmetro estreito, foram analisados os seguintes implantes: o Zimmer Biomet Eztec[®] 3, 1 x 13 mml, o Astra Tech OsseoSpeed[™] EV 3,0 x 13 mml, o BioHorizons[®] Laser-Lok[®] 3,0 x 12 mml e o Nobel Biocare NobelActive[®] 3,0 x 13 mml. O objetivo do estudo foi avaliar o torque de inserção, a resistência à torção e as propriedades de fadiga para cada implante.

Métodos

Fadiga

As amostras foram encapsuladas em cimento Dycal (Dentsply, Milford, DE, EUA). Os pilares são agrupados com os implantes correspondentes e posteriormente apertados conforme os valores de torque especificados nas respetivas Instruções de utilização. Depois, foram fixos aos pilares os encaixes do ensaio, para assegurar que todos os sistemas de implantes estiveram sujeitos a distribuições de carga similares. Os ensaios de fadiga foram realizados conforme a norma ISO 14801 à temperatura de 20 °C ± 5 °C. As cargas foram aplicadas a 14 Hz e a variar entre o pico de carga e 10% do mesmo. De acordo com a norma ISO 14801, cada implante foi testado para 5 milhões de ciclos de carga, de modo a simular a carga funcional dos implantes dentários. As curvas correspondentes à fadiga foram geradas para calcular o limite de resistência para cada sistema de implante.

Torque de inserção

Foi selecionado um substrato ósseo artificial (Sawbones, Vashon Island, WA, EUA) com uma camada cortical de 50 pcf com 3 mm e centro de 30 pcf para simular osso tipo I. Este substrato foi dividido em porções com aproximadamente 20,32 mm (0,8 pol.) de largura, 20,32 mm (0,8 pol.) de comprimento e 20,32 mm (0,8 pol.) de altura. Com base no respetivo protocolo de perfuração de osso tipo I do fabricante, foi criada uma osteotomia apropriada em cada porção de substrato ósseo artificial. As chaves de implante e as porções de substrato ósseo artificial foram fixas em restaurações personalizadas. Após o alinhamento do implante com a osteotomia, foi utilizado um sistema de torção eletromecânico Bionix (MTS, Eden Prairie, MN) para rodar o implante a 8 rpm até este estar nivelado com a parte superior da superfície do substrato ósseo. Foram testados 5 implantes de cada fabricante. Os valores de torque de inserção máximo foram registados para cada implante através do sistema Bionix.

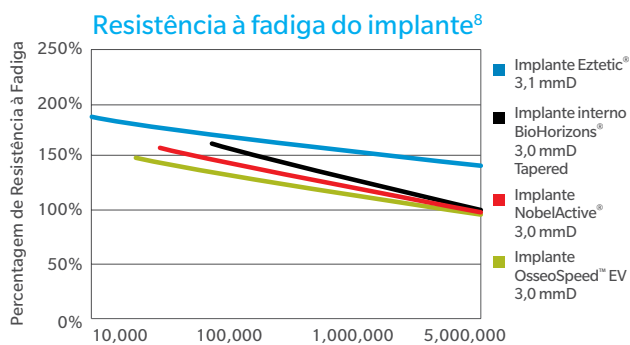
Resistência à torção

Os implantes foram cimentados em 3M Scotch-Weld Epoxy (3M, St. Paul, Mineápolis, EUA) e deixados a cicatrizar durante 48 horas. As restaurações foram concebidas para manter os implantes cimentados, bem como as respetivas chaves de implante. Depois de assegurar o alinhamento da chave com o implante cimentado, foi utilizado um sistema de torção eletromecânico Bionix (MTS, Eden Prairie, MN) para rodar o implante com a respetiva chave a 10 graus/minuto até à falha do conjunto implante-chave. As curvas de torque **versus** rotação foram registadas para cada amostra e analisadas conforme a norma ISO 13498 para calcular a tensão de cedência para cada amostra.

Resultados

Fadiga

Conforme a norma ISO 14801, as curvas de fadiga foram geradas para todos os tipos de implante, testados a 14 Hz para 5 milhões de ciclos, o que simula a carga funcional de um implante dentário. Todos os implantes dentários apresentaram limites de resistência equivalentes, com exceção do implante Zimmer Biomet, que apresentou um limite de resistência 43% superior aos implantes Astra Tech, Nobel e BioHorizons (Figura 1). Os implantes Nobel, Astra Tech e BioHorizons apresentaram falhas ao nível do implante e parafuso. Os implantes Zimmer Biomet apresentaram falhas no parafuso e implante ao nível da superfície cimentada.⁸

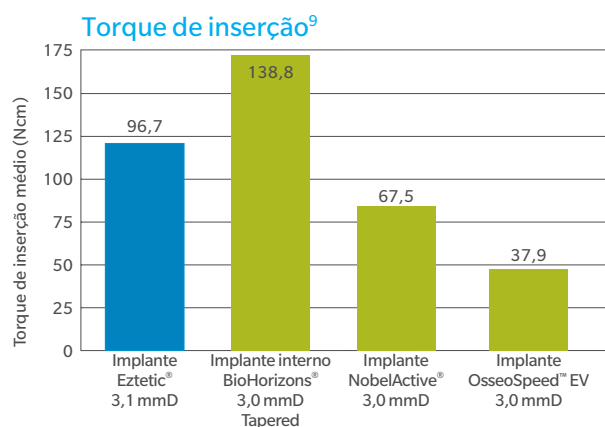


Todos os produtos foram testados em incrementos de 2,27 kg (5 lbs).

Figura 1: Limites de resistência para implantes estreitos (n=11). Os ensaios de fadiga realizados conforme a norma ISO 14801 demonstraram que, em 5 milhões de ciclos de carga, os implantes Zimmer Biomet apresentaram um limite de resistência 43% superior aos valores apresentados pelos implantes Astra Tech, Nobel e BioHorizons.

Torque de inserção

Os valores de torque máximos foram registados durante a inserção dos implantes no substrato ósseo artificial. Foi calculado o valor de torque de inserção médio para cada marca de implantes. Todos os implantes estavam totalmente colocados e não apresentaram quaisquer falhas.⁹ Os valores de torque de inserção foram de $96,7 \pm 4,1$; $138,8 \pm 4,9$; $67,5 \pm 6,1$ e $37,9 \pm 1,6$ N-cm para a Zimmer Biomet, BioHorizons, Nobel e Astra Tech, respetivamente (Figura 2).⁹ Os valores de torque de inserção para os implantes Zimmer Biomet foram 43% e 154% superiores aos apresentados pelos implantes Astra Tech e Nobel, respetivamente.⁹



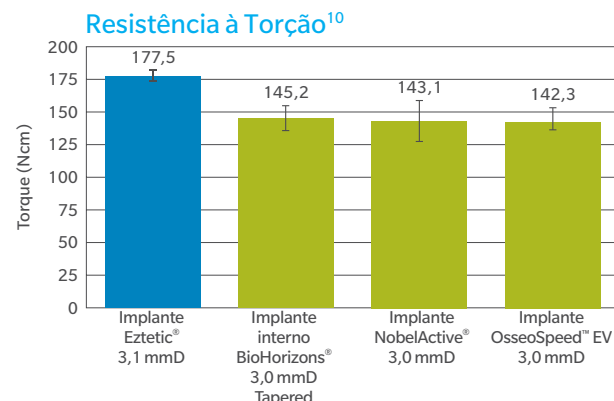
Ensaio de engenharia de bancada com recurso a substrato de osso tipo I.⁹

Figura 2: Torque de inserção médio para implantes de diâmetro estreito (n=5). O ensaio de torque de inserção em substrato ósseo artificial demonstrou que os implantes Zimmer Biomet apresentam um valor torque de inserção 43% e 154% superior ao apresentado pelos implantes Astra Tech e Nobel, respetivamente. Os dados são registados como média \pm desvio padrão

Resistência à torção

O ensaio de torque foi realizado até que o implante e/ou chave apresentassem falhas. Os resultados foram quantificados através do limite de fratura, o qual foi calculado conforme a norma ISO 13498. Os valores de resistência à torção foram de $177,5 \pm 4,9$; $145,2 \pm 10,5$; $143,1 \pm 17,4$ e de $142,3 \pm 7,1$ N-cm para os implantes Zimmer Biomet, BioHorizons, Nobel e Astra Tech, respetivamente (Figura 3).¹⁰ O limite de fratura para o implante

Zimmer Biomet foi 24%, 23% e 22% superior ao apresentado pelo Astra Tech, Nobel e BioHorizons, respetivamente.¹⁰ Tanto o Nobel, como o Astra Tech apresentaram falhas na interface do implante e da chave.¹⁰ Os implantes Zimmer Biomet falharam ao nível da superfície cimentada e os implantes BioHorizons falharam ao nível da parede da interface.¹⁰



Ensaio de engenharia em bancada com os implantes e as chaves correspondentes.¹⁷

Figura 3: Valores de resistência à torção para implantes de diâmetro estreito (n=6). Os ensaios de resistência do encaixe realizados conforme a norma ISO 13498 demonstraram que os implantes Zimmer Biomet apresentam valores de limite de fratura 24%, 23% e 22% superiores face aos valores apresentados pelos implantes BioHorizons, Nobel e Astra Tech, respetivamente. Os dados são registados como média \pm desvio padrão.

Discussão

O objetivo do estudo foi avaliar o torque de inserção, a resistência à torção e as propriedades de fadiga de NDI da Zimmer Biomet, Astra Tech, BioHorizons e Nobel. Os dados demonstraram que os implantes Zimmer Biomet apresentaram o maior limite de resistência à fadiga, bem como o valor de resistência à torção mais elevado. Além disso, os implantes Zimmer Biomet apresentaram valores de torque de inserção superiores aos apresentados pelos implantes Nobel e Astra Tech.

Os ensaios de fadiga são cruciais para avaliar a eficácia do modelo do implante, particularmente para os NDI.³ Os estudos relativos à distribuição de tensões indicam que os diâmetros estreitos aumentam a tensão à qual o implante está sujeito.¹¹ ¹² Estes valores de tensão mais elevados podem aumentar o risco de falha¹³, destacando assim a importância da resistência à fadiga apresentada pelos NDI. Neste estudo, os dados relativos ao ensaio de fadiga demonstraram que o implante Zimmer Biomet apresenta uma maior resistência à fadiga dos que os implantes Astra Tech, Nobel e BioHorizons. Estes resultados sugerem que o modelo do implante Zimmer Biomet lhe permite suportar as tensões aplicadas durante o ensaio de fadiga, apresentando assim uma menor probabilidade de ocorrência de fraturas num componente. Propriedades de fadiga significativamente maiores são particularmente importantes para os NDI, uma vez que os estudos demonstraram que diâmetros de implantes mais pequenos podem reduzir a resistência à fadiga dos implantes dentários.¹⁴

Os resultados dos ensaios à torção demonstraram que o implante Zimmer Biomet apresentou o limite de fratura mais elevado. O limite de fratura mais elevado apresentado pelo implante Zimmer

Biomet poderá ser explicado pelas diferenças no modelo do implante e/ou chave, uma vez que permitiram que o conjunto implante-chave suportasse valores de tensão mais elevados antes de ceder. Uma vez que um valor de resistência à torção mais elevado poderá reduzir a probabilidade de falhas durante aplicações de torque anormalmente elevadas, são preferíveis resultados de limite de fratura mais elevados. Além disso, o limite de fratura deverá ser significativamente superior ao torque de inserção correspondente, de modo a reduzir a possibilidade de falha durante a inserção.

Os dados de torque de inserção complementaram os resultados dos ensaios de fadiga, mostrando as potenciais diferenças na estabilidade primária dos implantes. Os resultados deste estudo sugerem que os implantes Astra Tech e Nobel poderão apresentar uma menor estabilidade primária face aos implantes Zimmer Biomet. Valores de torque de inserção reduzidos, os quais indicam uma menor estabilidade primária, poderão sugerir um maior risco de falhas implantares.¹⁵ Resultados de torque de inserção mais baixos poderão ter implicações importantes, particularmente nas áreas anteriores onde a componente estética é relevante, uma vez que a estabilidade primária desempenha um papel crucial na tomada de decisão se um implante pode ser imediatamente provisionalizado ou colocada a carga.¹⁶ No entanto, um valor de torque de inserção elevado próximo ao valor de resistência à torção poderá ser desfavorável, uma vez que poderá aumentar o risco de falha durante a inserção. O valor de torque de inserção do implante BioHorizons foi de 95,5% do limite de fratura, enquanto o valor de torque de inserção apresentado pelo implante Zimmer Biomet foi de 54,5% do limite de fratura. O torque de inserção elevado apresentado pelos implantes Zimmer Biomet, o qual não se aproximou do limite de fratura, indica um risco reduzido de falha do implante durante a inserção e um aumento da probabilidade de atingir a estabilidade primária.

Diversos fatores poderão ter contribuído para as maiores propriedades mecânicas observadas nos implantes Zimmer Biomet. A geometria e a precisão da maquinaria do implante poderão torná-lo mais resistente a falhas e aumentar a sua resistência à fadiga. Ao permitir potencialmente ao implante suportar cargas de forma mais eficaz, o design do encaixe de fricção duplo também poderá contribuir para a elevada integridade mecânica do implante Zimmer Biomet. Além disso, o implante Zimmer Biomet foi concebido a partir de uma liga de titânio, a qual é mais resistente do que os materiais de titânio comercialmente puro também utilizados em aplicações dentárias.¹⁷ Estes fatores relativos ao design poderão ter relevância nos valores elevados de resistência à fadiga, de resistência à torção e de torque de inserção apresentados pelo implante Zimmer Biomet.

Conclusões

A caracterização biomecânica é crucial para avaliar os NDI, dado que os implantes com um diâmetro menor podem resultar na diminuição da integridade mecânica³. Os resultados deste estudo demonstraram que os implantes Zimmer Biomet apresentam um limite de resistência à fadiga superior, bem como uma maior resistência à torção, face aos implantes Astra Tech, BioHorizons e Nobel. Além disso, os implantes Zimmer Biomet apresentaram valores de torque de inserção superiores aos apresentados pelos implantes Nobel e Astra Tech. No seu conjunto, estes resultados sugerem que o implante Zimmer Biomet terá uma melhor estabilidade primária, resistência à torção e resistência a falhas resultantes de fadiga do que outros implantes de diâmetro estreito.

1. Arsan V, Bolukbasi N, Ersanli S, Ozdemir T. (2010). Evaluation of 316 narrow diameter implants followed for 5-10 years: a clinical and radiographic retrospective study. *Clin Oral Implants Res.* 21(3), 296-307.
2. Degidi M, Piattelli A, Carinci F. (2008). Clinical outcome of narrow diameter implants: a retrospective study of 510 implants. *J Periodontol.* 79(1), 49-54.
3. Davarpanah M, Martinez H, Tecucianu J-F, Celletti R, Lazzara R. (2000). Small-diameter implants: indications and contraindications. *J Esthet Dent.* 12(4), 186-194.
4. Allum SR, Tomlinson RA, Joshi R. (2008). The impact of loads on standard diameter, small diameter and mini implants: a comparative laboratory study. *Clin Oral Implants Res.* 19(6), 553-9.
5. Himmlova, L, Dostalova, T, Kacovsky, A, Konvickova, S. (2004). Influence of implant length and diameter on stress distribution: a finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 91(1), 20-5.
6. Kohn, DH. (1992). Overview of factors important in implant design. *J Oral Implantol.* 18(3), 204-19.
7. Langer B, Langer L, Herrmann I, Jorneus, L. (1993). The wide fixture: a solution for special bone situations and a rescue for the compromised implant. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 8(4), 400-8.
8. Dados no ficheiro.
9. Dados no ficheiro.
10. Dados no ficheiro.
11. Petrie, CS, Williams, JL. (2005). Comparative evaluation of implant designs: influence of diameter, length, and taper on strains in the alveolar crest. A three-dimensional finite-element analysis. *Clinical Oral Implants Research.* 16, 486-494.
12. Qian, L, Todo, M, Matsushita, Y, Koyano, K. (2009). Effects of implant diameter, insertion depth, and loading angle on stress/strain fields in implant/ jawbone systems: finite element analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants.* 24, 877-886.
13. Quek, CE, Tan, KB, Nicholls, JI. (2006). Load fatigue performance of a singletooth implant abutment system: effect of diameter. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants.* 21, 929-936.
14. Boggan, RS, Strong, JT, Misch, CE, Bidez, MW. (1999). Influence of hex geometry and prosthetic table width on static and fatigue strength of dental implants. *J Prosthet Dent.* 82(4), 436-40.
15. Sakoh J, Wahlmann U, Stender E, Nat R, Al-Nawas B, Wagner W. (2006). Primary stability of a conical implant and a hybrid, cylindrical screw-type implant in vitro. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 21(4), 560-6.
16. Gapski R, Wang HL, Mascarenhas P, Lang NP. (2003). Critical review of immediate implant loading. *Clin Oral Implants Res.* 14, 515-527.
17. Elias, CN, Lima, JHC, Valiev, R., Meyers, MA (2008). Biomedical applications of titanium and its alloys. *Jom.* 60(3), 46-49.

Contacte-nos através do número 800-827-836 ou visite o site zimmerbiometdental.pt

Zimmer Biomet Dental
Global Headquarters
4555 Riverside Drive
Palm Beach Gardens, FL 33410, USA
Tel: +1-561-776-6700
Fax: +1-561-776-1272

Biomet 3i Dental Ibérica S.L.U.
WTC Almeda Park, Ed. 4, Planta 2ª
C/Tirso de Molina, 40
08940, Cornellà de Llobregat
Espanha
Atención al cliente: 800-827-836
Fax para pedidos: +34-93-445-81-36
3iesb.pedidoses@zimmerbiomet.com

Salvo indicação em contrário, conforme aqui mencionado, todas as marcas comerciais são propriedade da Zimmer Biomet e todos os produtos são fabricados por uma ou mais subsidiárias da divisão dental da Zimmer Biomet Holdings, Inc. e comercializados e distribuídos pela Zimmer Biomet Dental e pelos seus parceiros de comercialização autorizados. OsseoSpeed é uma marca comercial da Dentsply. BioHorizons e Laser-Lok são marcas comerciais registadas da Evolution IP Holdings, Inc. NobelActive é uma marca comercial registada da Nobel Biocare Group. Outros nomes de produtos de terceiros utilizados neste documento são propriedade dos respetivos proprietários. Para obter informações adicionais sobre os produtos, consulte os rótulos individuais do produto ou as Instruções de utilização. Os produtos podem não estar disponíveis ou autorizados em todos os países/regiões. Este material destina-se apenas a médicos e não constitui um parecer ou recomendação médicos. É proibida a distribuição a quaisquer outros destinatários. Este material não pode ser copiado ou reproduzido sem o expresso consentimento escrito da Zimmer Biomet Dental.

ZB0958PT REV A 11/19 ©2019 Zimmer Biomet. All rights reserved.

