

Biomateriais de substituição óssea para procedimentos de reconstrução alveolar em implantodontia

Bone replacement biomaterials for alveolar reconstruction procedures in implantology

Alan Dal'Alba Pilger¹, Luis Eduardo Schneider^{2*}, Gabrielle Mello da Silva³,
Kalinka Crivellaro Crusius Schneider⁴, Ricardo Smidt⁵

¹Graduação em Odontologia e Pós-Graduando em Prótese Dentária, Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Rio Grande do Sul; ²Graduação em Odontologia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Mestre e Doutorado em Odontologia, ULBRA, Professor Assistente, ULBRA, Rio Grande do Sul; ³Graduação em Odontologia, e Pós-Graduando em Ortodontia, ULBRA, Rio Grande do Sul; ⁴Graduação e Mestre Odontologia, ULBRA, Professora do Curso de Cirurgia Oral Menor da Face, Uningá, Rio Grande do Sul; ⁵Graduação, Mestre e Doutor em Odontologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Professor Titular, ULBRA, Rio Grande do Sul

Resumo

Introdução: a reconstrução do processo alveolar para a reabilitação de pacientes edêntulos com implantes dentários vem se tornando uma realidade segura e previsível. Desta forma, conhecer as características destes tecidos e biomateriais é fundamental para o sucesso. Contudo, a diversidade de marcas e produtos presentes no mercado geram dúvidas na seleção do biomaterial. **Objetivo:** este estudo tem como objetivo caracterizar os biomateriais disponíveis no mercado brasileiro para procedimentos de reconstrução óssea em implantodontia. **Metodologia:** foram incluídos 18 biomateriais de substituição óssea disponíveis no mercado nacional (Brasil), registrados e regulamentados pela agência nacional de vigilância sanitária (ANVISA). As empresas fabricantes foram contatadas para fornecer as informações dos seus respectivos produtos. **Resultados:** após a análise dos 18 biomateriais encontrados no mercado nacional, as informações obtidas segundo os fabricantes foram classificadas nos seguintes itens: produto e empresa, granulometria, porosidade, forma de apresentação, composição, origem, propriedade biológica e se for de procedência nacional ou importado. **Discussão:** conforme as propriedades de cada tecido ou material, ele pode possuir um ou mais mecanismos de formação óssea. A composição química, forma física e as diferenças de superfície resultam em diferentes níveis de reabsorção. Dessa forma, é importante para o clínico conhecer a natureza variada dos biomateriais disponíveis que vão determinar a velocidade e sua forma de reabsorção. **Conclusão:** Este estudo tabulou os biomateriais estudados, quanto suas principais características biológicas, visando orientar os profissionais da saúde na escolha do biomaterial mais adequado para alcançar seus objetivos no tratamento. **Palavras-chave:** Regeneração Óssea. Conservadores da Densidade Óssea. Reabsorção Óssea. Materiais Biocompatíveis.

Abstract

Introduction: the reconstruction of the alveolar process for the rehabilitation of edentulous patients with dental implants has become a safe and predictable reality. Therefore, knowing the characteristics of these tissues and biomaterials is fundamental for success. However, the diversity of brands and products present in the market generate doubts in the selection of biomaterial. **Objective:** this study aims to characterize the biomaterials available in the Brazilian market for procedures of bone reconstruction in implantology. **Methodology:** were included 18 bone substitution biomaterials available on the national market (Brazil), registered and regulated by the national health surveillance agency (ANVISA). The manufacturing companies were contacted to provide the information of their respective products. **Results:** after analyzing the 18 biomaterials found in the national market, the information obtained by the manufacturers was classified in the following items: product and company, granulometry, porosity, form of presentation, composition, origin, biology property and if it is of national or imported. **Discussion:** according to the properties of each tissue or material, it may have one or more bone formation mechanisms. The chemical composition, physical form and surface differences result in different levels of resorption. In this way, it is important for the clinical to know the varied nature of the available biomaterials that will determine the speed and its form of resorption. **Conclusion:** this study tabulated the biomaterials studied, as well as their main biological characteristics, aiming to guide the dentist in choosing the most suitable biomaterial to reach their treatment goals. **Keywords:** Bone Regeneration. Bone Density Conservation Agents. Bone Resorption. Biocompatible Materials.

INTRODUÇÃO

A reconstrução do processo alveolar para a reabilitação funcional e estética de pacientes edêntulos parciais ou totais com implantes dentários, vem se tornando uma

realidade cada vez mais segura e previsível. Em geral, os biomateriais utilizados para procedimentos de reconstrução óssea podem ser divididos em dois grandes grupos: os enxertos e os implantes substitutos ósseos. É considerado implante todo biomaterial que não apresenta células vivas, por exemplo, hidroxiapatita, osso mineralizado ou desmineralizado, implante xenógeno, vidro bioativo, implante dentário, etc. O enxerto é uma peça de tecido que é transferida de um local doador para um local receptor

Correspondente/Corresponding: *Luis Eduardo Schneider – End: Rua Joaquim Nabuco, Nº 828, sala Nº 1302, Novo Hamburgo/RS – CEP: 93310-002 – Tel: (51) 3593-1835 – E-mail: leschneider0@gmail.com

no mesmo tempo cirúrgico, com o objetivo de reconstruir o local receptor e caracterizado pela presença de tecido com vitalidade, como por exemplo, enxerto gengival livre, enxerto de tecido conjuntivo, enxerto ósseo autógeno em forma de partículas ou blocos.¹

O enxerto *autógeno* ainda é considerado o “padrão ouro” para regeneração óssea em virtude de suas propriedades osteogênicas, osteoindutivas e osteocondutivas.² A fim de diminuir a morbidade cirúrgica do enxerto autógeno devido a necessidade de abordar uma área doadora, diversas empresas desenvolveram biomateriais substituídos ósseos. Contudo, para sua melhor aplicação, é imprescindível conhecer as características e o comportamento destes tecidos e biomateriais. A sua aplicação, associada a uma técnica cirúrgica adequada vem possibilitando ganhos substanciais de qualidade e quantidade óssea em áreas tridimensionalmente deficientes. Esta realidade permite que o tratamento reabilitador com implantes tenha um prognóstico mais previsível e favorável, uma vez que aumentam as possibilidades de posicionamento e angulação ideais dos implantes. Contudo, a diversidade de marcas e produtos que estão presentes no mercado brasileiro geram dúvidas na seleção do biomaterial mais indicado para cada situação. Desta forma, este trabalho tem como objetivo classificar os diferentes biomateriais de substituição óssea, disponíveis no mercado nacional quanto ao nome, empresa fabricante, origem, granulometria, forma de apresentação, área de superfície, reação biológica e mecanismo de ação.

METODOLOGIA

Foram incluídos no presente estudo 18 biomateriais de substituição óssea disponíveis no mercado nacional (Brasil), registrados e regulamentados pela agência nacional de vigilância sanitária (ANVISA). As empresas fabricantes foram contatadas para fornecer as informações referentes aos seus respectivos produtos. Todos os produtos que entraram na pesquisa são destinados a procedimentos cirúrgicos para aumento ósseo horizontal e/ou vertical, antes ou durante os procedimentos de instalação de implantes dentários osseointegrados.

As informações coletadas a respeito dos biomateriais foram: nome, empresa fabricante, origem, granulometria, forma de apresentação, área de superfície, reação biológica e mecanismo de ação.

Os artigos selecionados para o estudo foram selecionados por meio de buscas eletrônicas em bases de dados sem restrição de idiomas. Como ferramenta para a busca precisa dos artigos, foi utilizado o “DECS – descritores em ciências da saúde” para selecionar os descritores correspondentes ao estudo.

REVISÃO DE LITERATURA

A reconstrução do processo alveolar com o objetivo da reabilitação de pacientes edêntulos com implantes osseointegrados, pode ser obtida por meio da realização

de um procedimento cirúrgico de enxerto ou implantação de biomateriais em espaços de defeitos ósseos.³

As características ideais de um material substituído ósseo incluem a forma anatômica desejada pré-especificada, suporte ao periosteio, aceleração da remodelação óssea, osteocondução, função carreadora para antibióticos, para fatores de crescimento, ou ainda, para terapia genética com engenharia de tecidos.⁴

Quanto à origem, existem 4 divisões básicas para a classificação dos enxertos/implantes ósseos: autógeno (obtidos do próprio paciente), alógeno/homógeno (obtido de seres da mesma espécie) xenógeno/heterógeno (obtidos de seres de espécies diferentes) ou sintético/aloplástico (obtidos sinteticamente ou de origem mineral).

O enxerto *autógeno* é considerado o “padrão ouro” para regeneração óssea por suas propriedades osteogênicas, osteoindutivas e osteocondutivas, além de possuir uma estrutura anatômica favorável para a invasão celular e suporte do enxerto na área receptora². Também possui a propriedade de fornecer células vivas e colágeno principalmente tipo 1 que proporciona a vascularização e recuperação do tecido.⁴

Os biomateriais *alógenos* são retirados de um indivíduo da mesma espécie. Este material não possui propriedades osteogênicas, porque não possui nenhum componente celular vivo.⁵ Eles devem ser processados para garantir a segurança quanto à transmissão de doenças e reações imunológicas.⁴ Por outro lado, fornecem uma fonte de colágeno do tipo I, sendo o único componente orgânico do osso. As técnicas de processamento (por exemplo a liofilização e a irradiação) têm como objetivo remover todas as proteínas imunogênicas para evitar o risco de reação imunológica.^{6,7} No entanto, apesar do processamento do material, o risco de transmissão de doenças ainda é presente e a capacidade osteogênica fica comprometida pelas técnicas de processamento.^{8,9} Existe uma grande variabilidade em relação ao produto dentro dos implantes alógenos, essa variação está ligada possivelmente pelos diferentes métodos de processamento/tratamento e procedimentos para esterilização das empresas ou bancos de tecido ósseo (também o local doador do tecido ósseo pode influenciar). Há três divisões principais: (1) congelado; (2) liofilizado; (3) desmineralizado liofilizado.¹⁰⁻¹¹ Os biomateriais alógenos têm capacidade seletiva para a formação óssea com taxas variáveis de osso.¹¹⁻¹⁴ Entretanto, são de particular importância quando há grandes defeitos ósseos, os quais requerem um suporte estrutural, ou quando o volume ideal de enxerto autógeno não está disponível.⁵

Os biomateriais *xenógenos* são derivados a partir de outras espécies. São materiais que têm os seus componentes orgânicos totalmente removidos, anulando a preocupação com reações imunológicas. A fonte mais comum de hidroxiapatita xenógena é o osso bovino.^{2,15} Atuam como uma estrutura sobre a qual as células formadoras de osso e dos vasos sanguíneos migram para a formação de osso novo. Esse material tem minerais ósseos nativos em sua superfície e, conseqüentemente,

estes minerais ósseos na superfície estimulam a formação óssea sobre o implante e permitem alta osteocondução. O estudo de Lindhe et al.¹⁶, observou que as partículas de substitutos ósseos xenógenos colocadas em alvéolos pós extração não sofreram reabsorção após 6 meses de cicatrização, ao invés disso, observou-se novo osso circundando as partículas de biomaterial. Isso pode explicar por que locais de extração implantados deixam de passar por uma alteração dimensional significativa que possa comprometer a reabilitação.

Os materiais *aloplásticos* são sintéticos, atualmente possuem propriedades osteocondutoras.⁵ Eles aumentam a porcentagem de osso vital e isto poderia ser atribuído ao potencial osteocondutor e à taxa de reabsorção desses materiais². A natureza dos biomateriais estudados quanto às diferentes porosidades disponíveis (área de superfície) e granulometria estão representadas na tabela 1.

Os materiais aloplásticos são representados pelo fosfato de cálcio (Ca-P), hidroxiapatita (HA), que integram os principais componentes inorgânicos de tecidos duros do corpo. Até o momento, seis tipos básicos de materiais aloplásticos estão comercialmente disponíveis: hidroxiapatita não porosa (HA), cimento acrílico modificado por hidroxiapatita, hidroxiapatita porosa, beta tricálcio fosfato (B-TCP), PMMA (polímero de polimetilmetacrilato), HEMA (hidroxietilmetacrilato) e vidro bioativo.¹⁵ B-TCP sofre reabsorção via dissolução e fragmentação durante um período 6-18 meses, está disponível em forma de grânulos ou blocos. A forma granular porosa é geralmente a mais utilizada. Blocos de materiais aloplásticos podem resistir à perfuração e fixação, contudo, eventualmente podem apresentar fraturas no processo de fixação.⁵

Conforme as propriedades de cada tecido ou material, ele pode possuir um ou mais mecanismos de formação óssea. Existem três classificações quanto à propriedade biológica dos biomateriais: osteocondução, osteoindução e osteogênese. Somente o enxerto ósseo autógeno possui os três requisitos.⁵

A *Osteocondução* é o processo pelo qual o material serve como arcabouço de orientação e substrato para o crescimento ósseo.¹⁰ Ou seja, é a capacidade do biomaterial suportar neoformação óssea sobre sua superfície.¹⁷ Os materiais osteocondutores mais utilizados na implantodontia são os heterógenos e aloplásticos.

A *Osteoindução* é o processo pelo qual é induzida a formação de um novo osso por meio da estimulação e conversão de células imaturas da área receptora em pré-osteoblastos, ou seja, a osteogênese é induzida e envolve a formação de novo osso a partir do recrutamento de células imaturas e sua diferenciação em células osteoprogenitoras.^{3,10} De acordo com Hardin¹⁸ e Schwartz et al.¹⁹, o osso liofilizado desmineralizado apresenta diferenças no potencial de osteoindução, conforme o método de obtenção, tempo de retirada do osso após morte do doador, temperatura de armazenamento, tamanho de partícula e idade do doador. No entanto, a ação osteocondutora tem sido questionada recentemente na maioria

dos substitutos ósseos.²⁰ A *Osteogênese* é o mecanismo de formação óssea proveniente da sobrevivência de células com potencial osteogênico transferidas com o enxerto e que junto ao potencial do tecido receptor corresponderá à obtenção de um novo osso. A neoformação óssea é oriunda de células osteoblásticas presentes dentro do material de enxerto.²¹ No mercado nacional, dentre os materiais disponíveis para a reconstrução óssea estão disponíveis apenas materiais com potencial osteocondutor. Tabela 1.

Quanto à reação biológica os biomateriais podem ser: *Biotolerado*: Material caracterizado pela presença de tecido conjuntivo fibroso entre o implante e o tecido ósseo. *Bioinerte*: Material caracterizado por uma neoformação óssea de contato (não há reação entre o leito e o implante). *Bioativo*: Material caracterizado por induzir uma reação físico-química entre o implante e o osso. É o resultado de uma adaptação química e microestrutural com o tecido ósseo.¹

Além das propriedades já mencionadas, a natureza variada dos biomateriais disponíveis (porosidade, geometria, diferentes densidades e solubilidades), vão determinar a velocidade e forma reabsorção destes materiais.⁴ A composição química, forma física, e as diferenças de superfície resultam em diferentes níveis de reabsorção. Estruturas porosas têm efeitos benéficos sobre a proliferação celular, migração e transporte nutritivo na engenharia de tecido ósseo.²² A porosidade das partículas presentes nos substitutos ósseos, foram informadas pelos fabricantes e estão representadas na tabela 1. A técnica de liofilização aplicada em alguns biomateriais (tabela 1), auxilia na formação da porosidade dos mesmos.

Os biomateriais influenciam no mecanismo de formação óssea de diferentes maneiras.¹⁶ O tempo de regeneração óssea em sítios de tecidos saudáveis e sem técnicas para reconstrução óssea, ocorre em torno ou em pelo menos 3 meses.¹ Na presença de biomateriais substitutos ósseos, é aconselhável esperar mais tempo para permitir a substituição do biomaterial por osso novo.

Chan et al.², em sua revisão sistemática, estudou os efeitos dos biomateriais de substituição em relação à qualidade óssea e levando em conta a composição relativa da neoformação óssea e a quantidade de tecido conjuntivo presente. A qualidade óssea pode influenciar o sucesso do implante em dois aspectos: a capacidade de alcançar a estabilidade primária e o grau de contato osso-implante. Segundo este estudo, a qualidade óssea depende da taxa de reabsorção do biomaterial bem como sua capacidade para estimular a formação óssea. As partículas residuais não reabsorvidas, podem ser encapsuladas com tecido conjuntivo. Como resultado, em algumas situações, os implantes dentais devem ser instalados em osso nativo para garantir a estabilidade primária.²

RESULTADOS

Após a análise dos 18 biomateriais encontrados no mercado nacional, as informações obtidas segundo os

fabricantes estão expressas na tabela.¹ Os biomateriais foram divididos conforme sua apresentação comercial e empresa. As classificações correspondentes aos produtos foram divididas em granulometria (g) fazendo referência a quantidade de produto disponibilizado pelas empresas. A Porosidade é a área superficial em milímetros dos grânulos. Forma de apresentação é a forma física que o material é comercializado, podendo ser blocos ou grânulos. A composição dos materiais são os constituintes que for-

mam o produto, como o Fosfato de Cálcio ou Matriz óssea inorgânica mineralizada. Os materiais diferiram quanto a origem, podendo ser Aloplásticos ou Xenógenos. Alguns materiais são de produção nacional e outros importados comercializados no mercado nacional registrados pela AN-VISA. Quanto à reação biológica, foram classificados como biocompatíveis, bioativos, biotolerados e bioinertes. Todos os biomateriais apresentaram como propriedade biológica a osteocondução.

Tabela 1 – Classificação dos biomateriais substitutos ósseos segundo as informações obtidas com os fabricantes.

Produto e empresa	Granulometria (g)	Porosidade (mm)	Forma de apresentação	Composição	Origem	Nacional/Importado	Reação biológica	Propriedade biológica
Alobone® (Osseocon)	0,5; 1; 5	(0,25-1)	Grânulos	Fosfato de Cálcio	Aloplástica	Nacional	Biocompatível, Bioativo	Osteocondutor
Beta TCP® (Bionovation)	0,5	(0,1-0,5)	Grânulos	Fosfato de Cálcio	Aloplástica	Nacional	Bioativo, Biodegradável e Biocompatível	Osteocondutor
BoneCeramic® (Straumann)	0,25; 0,5; 1	(0,4 p-0,7; 0,5-1)	Grânulos	Fosfato de Cálcio	Aloplástica	Importado	Biocompatível, Bioativo	Osteocondutor
Bonefill® (Bionnovation)	0,5	(0,6-1,5); (1,5-2,5)	Grânulos e blocos	Matriz óssea inorgânica mineralizada	Xenógena	Nacional	Biocompatível, Bioinerte	Osteocondutor
Biogran® (Biomet)	0,5; 0,75; 1,5	(0,3-0,35)	Grânulos	Fosfato de Cálcio	Aloplástica	Importado	Bioativo	Osteocondutor
Bio-Oss® (Geistlich)	0,25; 0,5; 1; 2	(0,25-1); (0,5-2); (1-2)	Grânulos e blocos	Matriz óssea inorgânica mineralizada	Xenógena	Importado	Biocompatível, Bioinerte	Osteocondutor
Extra graft XG-13® (Silvestre Labs)	0,5; 1; 6	(0,2-0,4)	Blocos	Matriz óssea inorgânica mineralizada/fosfato de Cálcio	Xenógena	Nacional	Biocompatível, Bioativo	Osteocondutor
GenMix® (Baumer)	0,75; 1,5	(0,25-1)	Grânulos	Matriz óssea inorgânica mineralizada	Xenógena	Nacional	Biocompatível	Osteocondutor
GenOx Inorg® (Baumer)	0,5; 1	(0,5-1)	Grânulos	Matriz óssea inorgânica mineralizada	Xenógena	Nacional	Biocompatível	Osteocondutor
GenOx Org® (Baumer)	0,5; 1	(0,5-1)	Grânulos	Matriz óssea inorgânica mineralizada	Xenógena	Nacional	Biocompatível	Osteocondutor
GenPhos HA TCP® (Baumer)	0,5; 1	(0,5-0,75)	Grânulos	Fosfato de Cálcio	Aloplástica	Nacional	Bioativo	Osteocondutor
HAP-91® (JHS Biomateriais)	0,5; 1	(0,841-2)	Grânulos	Fosfato de Cálcio	Aloplástica	Nacional	Bioativo	Osteocondutor
Hidroxiapatita® (Bionnovation)	0,5	(0,05-0,1); (0,35-0,4); (0,5-0,6); (0,7-0,8); (0,9-1)	Grânulos e blocos	Fosfato de Cálcio	Aloplástica	Nacional	Biocompatível, Bioativo	Osteocondutor
Lumina-Bone® (Critéria)	0,5; 1	(3-0,425); (0,425-0,6); (0,6-0,825)	Grânulos e blocos	Matriz óssea inorgânica mineralizada	Xenógena	Nacional	Biocompatível	Osteocondutor
Lumina-Porous® (Critéria)	0,5	(0,3-1); (1-2)	Grânulos	Matriz óssea inorgânica mineralizada	Xenógena	Nacional	Biocompatível	Osteocondutor
OrthoGen® (Baumer)	0,5; 1; 5	(0,25-0,5); (0,5-0,75); (0,75-1); (1-2)	Grânulos e blocos	Matriz óssea inorgânica mineralizada	Xenógena	Nacional	Biocompatível	Osteocondutor
OsteoGen® (Intra-Lock)	0,3; 1	(0,3-0,4)	Grânulos	Fosfato de Cálcio	Aloplástica	Importado	Bioativo	Osteocondutor
Osteosynt® (Eincobio)	0,5; 1	(0,05-0,4); (0,01-0,05)	Grânulos, blocos (prototipagem 3D)	Fosfato de Cálcio	Aloplástica	Nacional	Bioativo	Osteocondutor

Fonte: Dados da pesquisa.

DISCUSSÃO

Cada tipo de biomaterial pode ser usado em uma ampla variedade de técnicas cirúrgicas. Os profissionais geralmente têm opções de tratamento preferenciais,

considerando certo biomaterial ou técnica, na tentativa de estarem mais próximos de oferecer aos seus pacientes o sucesso do tratamento. Cabe ao clínico buscar e interpretar as características que cada biomaterial possui e

ponderar a melhor escolha com base nas evidências das vantagens e desvantagens que cada um pode oferecer ao tratamento.

Duas formas de apresentação foram encontradas nos produtos pesquisados, a forma em grânulos e em blocos. A forma granular porosa é a mais utilizada pela praticidade e devido ao fato de que a resistência dos biomateriais em blocos ainda precisa ser melhorado, pois eventualmente fraturam durante a fixação.⁵ Os materiais com maior porosidade possuem vantagens em relação aos menos porosos por facilitarem a proliferação e migração celular, além do transporte nutritivo na engenharia de tecido ósseo.¹ Entretanto, as características de porosidade informadas pelos fabricantes muitas vezes não representam a real porosidade dos biomateriais, como foi observado no estudo de Conz et al.²⁴

Os biomateriais que possuem hidroxiapatita em sua composição reabsorvem lentamente, sendo interessantes para manter a estabilidade dimensional da área operada ou manutenção volumétrica do rebordo alveolar durante a regeneração óssea. Segundo Constantino et al¹⁶, os biomateriais que possuem hidroxiapatita reabsorvem lentamente in vivo, com uma taxa de 1-2% ao ano. Por outro lado, alguns estudos têm levantado a preocupação da reabsorção lenta dificultar a neoformação óssea.²⁵⁻²⁷

Quando o volume de osso autógeno necessário não está disponível como em grandes defeitos ósseos, os tecidos alógenos podem ser uma boa alternativa. Entretanto, as diferentes áreas doadoras alógenas apresentam taxas variáveis de formação óssea.¹¹⁻¹⁴ A utilização de biomateriais de origem xenógena apresentam uma vasta documentação na literatura, quanto a sua capacidade osteocondutiva, conduzindo uma regeneração óssea previsível.²⁸⁻³⁰

Uma vez que seja estabelecido em que situações clínicas os procedimentos de reconstrução óssea serão necessários, ao considerar a escolha da técnica cirúrgica e do biomaterial, pode ser dada prioridade às intervenções que pareçam mais simples, menos invasivas, que envolvam menos riscos de complicações, mas que alcancem seus objetivos de maneira efetiva dentro do prazo mais favorável ao tratamento. Deve ser levado em conta que os pacientes apresentam diferentes características, como idade, presença de doenças sistêmicas, exposição à radioterapia e medicamentos, além de hábitos como o tabagismo que podem influenciar no resultado.

CONCLUSÃO

A área da engenharia de tecidos tem como um dos objetivos produzir, baseadas em evidências científicas, biomateriais com resultados de formação óssea cada vez mais próximos ao osso humano. Este estudo tabulou as características 18 biomateriais de substituição óssea presentes no mercado nacional quanto as suas principais características biológicas, visando orientar os profissionais da saúde na escolha do biomaterial mais adequado para alcançar seus objetivos no tratamento.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, P. S. P. et al. Substitutos ósseos utilizados na reconstrução óssea em implantodontia. In: SALLUM, A. W.; CICARELI, A. J. (Org.). Congresso Internacional – Odontologia do Centenário. **Nova Odessa**, [s.l.], p. 96-106, 2011.
- CHAN, H. L. et al. Alterations in bone quality after socket preservation with grafting materials: a systematic review. **Int. j. maxillofac. implants.**, Lombard, v. 28, n. 3, p. 710-720, 2013.
- DACULSI, G. et al. Osteoconduction, Osteogenicity, Osteoinduction, what are the fundamental properties for a smart bone substitutes. **IRBM**, [s.l.], v. 34, n. 4-5, p. 346-348, 2013.
- HOEXTER, D. L. Bone regeneration graft materials. **J. oral implantol.**, Abingdon, v. 28, n. 6, p. 290-294, 2002.
- MOORE, W. R.; GRAVES, S. E.; BAIN, G. I. Synthetic bone graft substitutes. **ANZ j. surg.**, Carlton, v. 71, n. 6, p. 354-361, 2001.
- URIST, M. R. et al. The bone induction principle. **Clin. orthop. relat. res.**, Philadelphia, v. 53, p. 243-284, 1967.
- BRANTIGAN, J. W. et al. Compression strength of donor bone for posterior lumbar interbody fusion. **Spine**, Philadelphia, v. 18, n. 9, p. 1213-1221, 1993.
- DE LONG, W. G. et al. T. Bone grafts and bone graft substitutes in orthopaedic trauma surgery: a critical analysis. **J. bone jt. surg.**, Boston, v. 89, n. 3, p. 649-658, 2007.
- FINKEMEIER, C. G. Bone-grafting and bone-graft substitutes. **J. bone jt. surg.**, Boston, v. 84, n. 3, p. 454-464, 2002.
- ALBREKTSSON, T.; JOHANSSON, C. Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration. **Eur. spine j.**, Heidelberg, v. 10, p. S96-S101, 2001.
- MIRON, R. J. et al. Osteoinductive potential of 4 commonly employed bone grafts. **Clin. oral invest.**, Berlin, v. 20, n. 8, p. 2259-2265, 2016.
- WEI, L. et al. Osteoinductive and osteopromotive variability among different demineralized bone allografts. **Clin. implant. dent. relat. res.**, Hamilton, v. 17, n. 3, p. 533-542, 2015.
- SUN, H. et al. The upregulation of osteoblast marker genes in mesenchymal stem cells prove the osteoinductivity of hydroxyapatite/tricalcium phosphate biomaterial. **Transplant. Proc.**, New York, v. 40, n. 8, p. 2645-2648, 2008.
- NAKATA, H. et al. Histological and micro-computed tomographic observations after maxillary sinus augmentation with porous hydroxyapatite alloplasts: a clinical case series. **SpringerPlus**, Londres, v. 5, n. 1, p. 260, 2016.
- SCHWARTZ, F. et al. Guided bone regeneration at dehiscence-type defects using biphasic hydroxyapatite+ beta tricalcium phosphate (Bone Ceramic®) or a collagen-coated natural bone mineral (BioOss Collagen®): an immunohistochemical study in dogs. **Int. j. oral maxillofac. surg.**, Copenhagen, v. 36, n. 12, p. 1198-1206, 2007.
- LINDHE, J. et al. Ridge preservation with the use of deproteinized bovine bone mineral. **Clin. oral implants res.**, Copenhagen, v. 25, n. 7, p. 786-790, 2014.
- COSTANTINO, P. D.; FRIEDMAN, C. D. Synthetic bone graft substitutes. **Otolaryngol. clin.**, Philadelphia, v. 27, n. 5, p. 1037-1074, 1994.
- HARDIN, C. K. Banked bone. **Otolaryngol. clin.**, Philadelphia, v. 27, n.5, p. 911-925, 1994.

19. SCHWARTZ, Z. et al. Ability of commercial demineralized freeze-dried bone allograft to induce new bone formation. **J. periodontol.**, Indianapolis, v. 67, n. 9, p. 918-926, 1996.
20. LI, H. et al. Identification of Bone Morphogenetic Proteins 2 and 4 in Commercial Demineralized Freeze-dried Bone Allograft Preparations: Pilot Study. **Clin. implant. dent. relat. res.**, Hamilton, v. 2, n. 2, p. 110-117, 2000.
21. CYPHER, T. J.; GROSSMAN, J. P. Biological principles of bone graft healing. **J. foot ankle surg.**, United States, v. 35, n. 5, p. 413-417, 1996.
22. SARIKAYA, B.; AYDIN, H. M. Collagen/beta-tricalcium phosphate based synthetic bone grafts via dehydrothermal processing. **Biomed res. int.**, United States, v. 2015, p. 1-9, 2015.
23. AMLER, M. H. The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds. **Oral surg., oral med., oral pathol.**, St. Louis, v. 27, n. 3, p. 309-318, 1969.
24. CONZ, M. B. et al. Caracterização físico-química de doze biomateriais utilizados como enxertos ósseos na Implantodontia. **Implant. News**, São Paulo, v. 7, n. 4, 541-546, 2010.
25. BECKER, W. et al. Histologic findings after implantation and evaluation of different grafting materials and titanium micro screws into extraction sockets: Case reports. **J. Periodontol.**, Indianapolis, v. 69, n. 4, p. 414-421, 1998.
26. STAVROPOULOS, A. et al. Fate of bone formed by guided tissue regeneration with or without grafting of Bio-Oss or Biogran. An experimental study in the rat. **J. Clin. Periodontol.**, Copenhagen, v. 31, n. 1, p. 30-39, 2004.
27. STAVROPOULOS, A. et al. Deproteinized bovine bone (Bio-Oss) and bioactive glass (Biogran) arrest bone formation when used as an adjunct to guided tissue regeneration (GTR): An experimental study in the rat. **J. Clin. Periodontol.**, Copenhagen, v. 30, n. 7, p. 636-643, 2003.
28. ORSINI, G. et al. Maxillary sinus augmentation with Bio-Oss particles: a light, scanning, and transmission electron microscopy study in man. **J. Biomed. Mater. Res.**, Hoboken, v. 74, n. 1, p. 448-457, 2005.
29. JUNG, R. E. et al. Long term outcome of implants placed with guided bone regeneration (GBR) using resorbable and non resorbable membranes after 12–14 years. **Clin. oral implants res.**, Copenhagen, v. 24, n. 10, p. 1065-1073, 2013.
30. AGHALOO, T. L.; MOY, P. K. Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? **Int. j. oral maxillofac. implants.**, Lombard, v. 22, n. 7, p. 49-70, 2007.

Submetido em: 26/03/2017

Aceito em: 01/11/2017