

## Biomateriais e regeneração óssea: conceitos e perspectivas

A complexidade do corpo humano é expressa em sua organização, eficiência das funções vitais e diferentes belezas. De fato, a natureza privilegiou o ser humano em vários aspectos, como ter o corpo edificado sobre um sistema sólido, composto pelos ossos, que sustenta, protege, possibilita movimentos e serve como reserva mineral. Além de fornecer suporte estrutural, estudos *in vivo* demonstram que o osso é uma estrutura biológica versátil, participe dos complexos processos interativos entre órgãos e sistemas, que incluiu, entre os quais, o cérebro, rins e pâncreas (DU *et al.*, 2021). Deveras, constatações científicas e estéticas coloca o tecido ósseo entre os tecidos mais estudados atualmente.

Embora rígido, o osso é constituído de tecido vivo extremamente dinâmico, com capacidade regenerativa. Todavia, traumas, infecções, tumores, e outras causas, podem provocar extensas perdas de tecido impossibilitando a regeneração espontânea. Dessa forma, considerando a importância do tecido ósseo para o organismo, o desafio que se impõe é que perdas ósseas sejam reparadas por meio da regeneração tecidual, com objetivo de manter suas funções (SHAO *et al.*, 2022). É neste cenário que pesquisadores buscam o desenvolvimento de biomateriais capazes de favorecer a regeneração óssea, superando as limitações dos atuais tratamentos, principalmente nas situações de extensas perdas de tecido. O interesse na temática pode ser demonstrado com uma simples busca na ferramenta *pubmed.gov*, que apresenta cerca de dez mil publicações abrangendo “biomaterials and bone regeneration”, nos últimos dez anos (NCBI, 2022).

Após implantado em sítio ósseo, um biomaterial para regeneração óssea deve interagir com o organismo receptor e favorecer os mecanismos biológicos de angiogênese, osteoindução, osteocondução e osteogênese, promovendo a formação de novo tecido no local, e, eventualmente, degradar *in situ*, sendo gradualmente substituído pelo novo tecido ósseo formado (GIRÓN *et al.*, 2021). Apesar dos citados aspectos serem bem conhecidos pela ciência, ainda não se encontrou um biomaterial ideal para uso clínico. Sendo assim, novas propostas de biomateriais para regeneração óssea se espelham na composição e estrutura do tecido ósseo nativo, com maior interesse naqueles que apresentam comportamento de dissolução, biodegradação e biorreabsorção em meio biológico adequado à dinâmica de formação do novo tecido ósseo.

Ademais, melhores desempenhos para regeneração óssea são reportados em estudos que empregam biomateriais que imitam o microambiente *in vivo* em sítio ósseo. Para tanto, são empregadas tecnologias de fabricação que possibilitam maior controle da arquitetura e morfologia do biomaterial, por exemplo, produção de scaffolds resultando em características que mimetizam a matriz extracelular (porosidade, rugosidade, energia superficial, e outras), determinando a interação do biomaterial com o organismo receptor, promovendo maior estabilidade após implante, viabilidade, fixação e proliferação celular, vascularização, diferenciação osteogênica e integração com o tecido hospedeiro (ROSETI *et al.*, 2017).

Neste contexto, se destacam os biomateriais compósitos que associam as melhores propriedades físico-químicas de diferentes materiais. Trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Bioengenharia Tecidual e Biomateriais do Instituto de Ciências da Saúde – UFBA, refletem o desempenho de compósitos vitrocerâmicos à base de wollastonita e fosfato tricálcico para regeneração tecidual do osso (MONÇÃO *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2021). Embora tenham sido utilizados os mesmos biomateriais, os estudos evidenciaram que diferentes formas (scaffold e grânulos) e diferentes proporções percentuais em peso dos minerais, apresentam diferentes potenciais para regeneração óssea em modelo de defeito ósseo crítico confeccionados em calvária de ratos Wistar. Análises complementares poderão fornecer melhor compreensão do desempenho de ambos os biomateriais na formação de matriz orgânica e inorgânica óssea.

As biocerâmicas à base de fosfato de cálcio, há décadas tem sido amplamente estudadas, no entanto, até o momento as aplicações clínicas se mostraram limitadas para regeneração óssea, devida ausência do controle suficiente sobre a taxa de biodegradação e bioreabsorção durante a formação de novo tecido ósseo. Recentemente, Yokoi *et al.* (2022) analisaram *in vitro* o comportamento de biocerâmicas à base de fosfato de cálcio em fluido corporal simulado, a transformação de sais compostos de íons de cálcio e ésteres de fosfato com diferentes estruturas lineares de cadeia de alquila, e precipitados de hidroxiapatita (cristal inorgânico ósseo). Portanto, este novo conhecimento químico específico poderá ser utilizado para ajustar a taxa de formação/liberação de componentes químicos em meio biológico, e colaborar efetivamente no desenvolvimento de biocerâmicas de fosfato de cálcio, com maiores potenciais para regeneração óssea.

Enfim, uma visão abrangente do osso como órgão dinâmico e das propriedades físico-químicas dos biomateriais reconhecidamente favoráveis à regeneração óssea podem orientar novas propostas de biomateriais/compósitos. A maior longevidade da população e aumento do risco associado às doenças ósseas somadas às demais causas que provocam perdas de tecido ósseo, persiste o interesse significativo na comunidade científica em um biomaterial ideal para regeneração óssea. Portanto, é imprescindível a continuidade e divulgação dos estudos com biomateriais, sob diferentes pontos de vista dos fatores/características específicas que influenciam a regeneração óssea.

*Mauricio Mitsuo Monção*

Tecnólogo em Radiologia, Universidade de Cuiabá

Curso Superior em Saúde Comunitária e da Família, Universidade Nove de Julho

Especialista em Imagenologia, Universidade Nove de Julho

Mestre em Ciências da Saúde, Universidade Cruzeiro do Sul

Doutor em Processos Interativos de Órgãos e Sistemas, Instituto de Ciências da Saúde, UFBA

## REFERÊNCIAS

DU, Y. *et al.* Endocrine regulation of extra-skeletal organs by bone-derived secreted protein and the effect of mechanical stimulation. **Front cell devel. boil.**, [s.l.], v.9, 778015, Nov. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.778015>.

GIRÓN, J. *et al.* Biomaterials for bone regeneration: an orthopedic and dentistry overview. **Braz. j. med. biol. res.**, Ribeirão Preto, v. 54, n.9, e11055, June 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-431X2021e11055>

MONÇÃO, M.M. *et al.* Raman spectroscopy analysis of wollastonite/tricalcium phosphate glass-ceramics after implantation in critical bone defect in rats. **Materials Sciences and Applications**, [s.l.], v.13, n. 5, May 2022. DOI: <https://doi.org/10.4236/msa.2022.135017>.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION (NLM). **Biomaterials and bone regeneration**. PubMed, 2022. Disponível em: [https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=biomaterials+for+bone+regeneration&filter=datasearch.y\\_10](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=biomaterials+for+bone+regeneration&filter=datasearch.y_10). Acesso em: 27 June 2022.

ROSETI, L. *et al.* Scaffolds for bone tissue engineering: state of the art and new perspectives. **Mater. sci. eng. C.**, Lausanne, v.78, p.1246-1262, May 2017. DOI: [://doi.org/10.1016/j.msec.2017.05.017](https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.05.017)

SANTOS, G.G. dos *et al.* Bone regeneration using Wollastonite/ $\beta$ -TCP scaffolds implants in critical bone defect in rat calvaria. **Biomedical physics & engineering express**, [s.l.], v.7, n.5, Aug. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/2057-1976/ac1878>.

SHAO, R. *et al.* State of the art of bone biomaterials and their interactions with stem cells: Current state and future directions. **Biotechnol. j.**, Amsterdam, v.17, n.4, e2100074, abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/biot.202100074>

YOKOI, T. *et al.* Transformation behavior of salts composed of calcium ions and phosphate esters with different linear alkyl chain structures in a simulated body fluid modified with alkaline phosphatase. **Sci. technol. adv. mater.**, [s.l.], v.23, n.1, p.341-351, May 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/14686996.2022.2074801>.