pubvet
MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
ISSN 1982-1263
https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n01a1013.1-6

Prototipagem rápida na medicina veterinária: Revisão

Túlio Vinícius Arruda Silva[1]*, Bruno Alvarenga dos Santos[2]

[1]*Aluno de veterinária do Centro Universitário de Brasília - CEUB, Faculdade de Ciências e Saúde. Brasília - DF Brasil.*
[2]*Professor mestre do Centro Universitário de Brasília - CEUB, Faculdade de Ciências e Saúde. Brasília - DF Brasil.*
**Autor para correspondência, E-mail: tulio.vinicius@sempreceub.com*

Resumo. A prototipagem rápida é realizada em impressoras em três dimensões (3D), que utilizam vários materiais, como nylon, metal ou células de tecidos, viabilizando a produção de objetos de diversas formas e tamanhos. Para isto, ela trabalha a partir de uma imagem virtual do objeto desejado. Esta tecnologia traz diversas possibilidades na medicina veterinária, como a fabricação de modelos anatômicos fidedignos, placas, próteses e guias de broca customizados para o paciente, contribuindo para a capacitação de estudantes de graduação e residentes, além de aumentar a confiança do cirurgião, por possibilitar o planejamento e treinos prévios aos procedimentos, aumentando sua precisão cirúrgica e reduzindo o tempo do procedimento e o número de lesões iatrogênicas causadas em estruturas adjacentes à área de interesse. Além disso, os protótipos podem contribuir para a reabilitação de pacientes traumatizados ou mutilados, como aves, quelônios e outros animais silvestres. Mas seu custo relativamente alto, e a falta de profissionais capacitados para sua elaboração ainda limitam seu uso, porém a redução no tempo que propicia na execução de tratamentos pode compensar seu investimento.

Palavras chave: Implantes, impressão 3D, placa customizada

Rapid prototyping in veterinary medicine: Review

Abstract. Rapid prototyping is performed using three-dimensional (3D) printers, which use various materials, such as nylon, metal or tissue cells, enabling the production of objects of different shapes and sizes. And it works from a virtual image of the desired object. This technology brings several possibilities in veterinary medicine, such as the manufacture of reliable anatomical models, plates, prostheses and drill guides customized for the patient, contributing to the training of undergraduate students and residents, in addition to increasing the surgeon's confidence, by enabling planning and training prior to procedures, increasing surgical precision and reducing procedure time and the number of iatrogenic injuries caused in structures adjacent to the area of interest. In addition, prototypes can contribute to the rehabilitation of traumatized or mutilated patients, such as birds, turtles and other wild animals. However, its relatively high cost, and the lack of trained professionals for its elaboration, still limit its use, but the reduction in the time it provides for carrying out treatments can compensate for its investment.

Keywords: 3D printing, customized plate, implants

Introdução

A impressão 3D, também chamada de prototipagem rápida, foi desenvolvida por Chuck Hill na década de 1980, sendo utilizada principalmente na indústria bélica e para a criação de peças automobilísticas de testes, que precederam o desenvolvimento das ferramentas para a linha de produção (Lacerda et al., 2020; Quinn-Gorham & Khan, 2016). Esta tecnologia ainda vem inovando em diversos ramos da indústria, devido à sua possibilidade de criar objetos personalizados e com uso de diversos

materiais por uma imagem virtual, independentemente, de sua forma e tamanho (Aimar et al., 2019; Lacerda et al., 2020). Esta imagem pode ser obtida de diversas formas, e, a partir de um *software Computer Aided Design* (CAD), ela é convertida em um arquivo compatível com a impressora (Quinn-Gorham & Khan, 2016).

Na medicina veterinária, seu uso pode vir a revolucionar, tanto a área acadêmica, quanto a área clínico cirúrgica, possibilitando a criação de modelos anatômicos para treinamento e capacitação de profissionais e a fabricação customizada de próteses e implantes para auxílio em cirurgias ortopédicas, podendo contribuir para a redução do tempo do procedimento e acelerar a cicatrização do paciente (James et al., 2020; Matozinhos et al., 2017). Além destas, a prototipagem rápida torna possível a bioimpressão, que utiliza células e outros biomateriais na produção de tecidos e órgãos (Jamieson et al., 2021). Mas ainda existem alguns empecilhos para o uso desta tecnologia, como falta de pessoal capacitado, valores elevados e tempo necessário para desenvolvimento e fabricação do objeto (Lacerda et al., 2020; Liptak et al., 2017).

A tecnologia da prototipagem rápida

A prototipagem rápida, desenvolvida na década de 80, já demonstrou possibilitar grandes reduções de custos em diversos setores da indústria. Além de permitir que qualquer pessoa crie protótipos tridimensionais a partir da digitalização de suas ideias. Para uso desta tecnologia existem impressoras de preços e tamanhos variados, que tem seu funcionamento bem parecido com as impressoras comuns, mas ao invés de tinta utilizam outros materiais, como nylon, metal, plástico e células de órgãos ou tecidos (Pinheiro et al., 2018; Zamborsky et al., 2019). O processo de modelagem se inicia com a captura da imagem que pode ser feita de diversas formas, como por ressonância magnética (RM), tomografia computadorizada (TC) ou fotogrametria (Carwardine et al., 2021; Lima et al., 2019).

As imagens obtidas são formatadas e posteriormente salvas, através de um *software* CAD, em um arquivo compatível com a impressora. A partir deste, a impressão é realizada camada por camada, utilizando o material desejado até que o objeto esteja praticamente idêntico ao original (Lacerda et al., 2020; Quinn-Gorham & Khan, 2016). Este processo de prototipagem rápida vem crescendo em diversas áreas, como nas indústrias aeroespacial, automotiva e biomédica (Popov et al., 2019).

Aplicação na medicina veterinária

Apesar de existirem poucos relatos sobre seu uso na medicina veterinária, a prototipagem pode ter diversas aplicações nesta especialidade, sendo considerada de grande importância em técnicas ortopédicas e reconstrutivas (Popov et al., 2019; Quinn-Gorham & Khan, 2016), bem como auxílio no planejamento cirúrgico, elaboração de placas, órteses e próteses personalizadas, além de permitir a bioimpressão, formas inovadoras de estudo e elaboração de modelos anatômicos (Haleem et al., 2019). Seu uso pode ainda tornar mais viáveis e acessíveis instrumentais médicos (Popov et al., 2019).

O desenvolvimento destes modelos de forma fidedigna pode beneficiar alunos de graduação, residentes e cirurgiões já formados. Sua utilização pode resultar em aumento na precisão da implantação de placas e redução de lesões iatrogênicas nas estruturas adjacentes à área de interesse, pois permite o contato com a técnica desejada antes de ser realizada no paciente, contribuindo para a instrução de alunos, e o planejamento e treinamento prévio de cirurgiões (Kamishina et al., 2019; Zamborsky et al., 2019).

Modelo anatômico

Dentre suas aplicações está a impressão de modelos anatômicos para o planejamento cirúrgico de cães com deformidades de membros antebraquiais, alterações que ocorrem devido ao fechamento precoce da fise de crescimento de ossos longos ou por crescimento desproporcional de um osso, permitindo ao cirurgião definir melhor seu procedimento, o tornando mais preciso na correção do ângulo de torção dos membros, se comparados aos baseados apenas em tomografias (Carwardine et al., 2021). Esta tecnologia mostrou-se ainda relevante para o delineamento e confecção de placas ortopédicas de titânio industrializadas. Como o evidenciado por Petazzoni & Nicetto (2014) que prototiparam um modelo anatômico fidedigno e em tamanho real do antebraço de um cão de raça gigante, que pesava mais de 100 kg e apresentava um alto grau de claudicação devido a alterações osteoartríticas no metacarpo direito. Este protótipo foi utilizado no auxílio da fabricação de um implante próprio para a

realização da artrodese do membro deste paciente. Da mesma forma, o uso destes modelos mostrou-se eficaz no planejamento de procedimentos orais e maxilofaciais de cães e gatos, permitindo por meio da simulação cirúrgica aumentar a confiança do cirurgião e sua precisão (Winer et al., 2017).

Além disso, a fabricação de modelos anatômicos prototipados é uma forma de diminuir a utilização de animais, como roedores, no treinamento de cirurgias complexas. Segundo Bainier et al. (2021), a utilização de protótipos 3D da região de crânio desses animais se mostrou uma alternativa bastante eficaz para o treinamento de neurocirurgias sem a utilização de animais vivos.

Placas de titânio sólido customizada

O titânio é um dos materiais mais utilizados na biomedicina, devido a sua excelente resistência à corrosão, boa biocompatibilidade e alta relação resistência-peso (Braga et al., 2007). Uma usabilidade das placas de titânio customizadas está relacionada às cirurgias de osteossíntese de animais de raças Toy, que muitas vezes não possuem placas de tamanhos adequados para serem utilizadas. A fabricação destes implantes compatíveis ao porte dos pacientes, tende a implicar em melhora clínica considerável no pós-operatório destes indivíduos (Kamishina et al., 2019).

No caso das mandibulectomias de gatos, o emprego de placas de titânio customizadas demonstrou uma redução das taxas de complicações pós cirúrgicas e das queixas de tutores quanto a dificuldades de alimentação de seus animais no pós-operatório (Liptak et al., 2017).

Nas cranioplastias de cães realizadas para o tratamento de tumores em crânio, malhas de titânio produzidas especificamente para os pacientes, utilizando uma impressora 3D, tiveram bons resultados. Mas apesar disto, não se pode afirmar que seu uso venha a diminuir o tempo da cirurgia, acelerar a cicatrização ou melhorar o resultado clínico (James et al., 2020).

Outro uso de dispositivos customizados são como implantes intervertebrais para o tratamento de espondilomielopatia cervical em cães, e por serem específicos ao paciente, sua implantação se torna mais fácil, rápida, e implica em um menor trauma para sua execução (Joffe et al., 2019).

Placas de titânio poroso customizada

A placa prototipada de titânio poroso simula a estrutura e morfologia óssea, sendo considerada um possível material para substituição óssea. Sua estrutura porosa visa otimizar a resistência interfacial entre o material e o osso proporcionando uma fixação mais eficiente do mesmo. Ela possibilita uma nova forma de tratamento para correção de defeitos ósseos. Ademais, esta tecnologia também pode auxiliar no crescimento do osso na região de interesse (Tanzer et al., 2019).

Mas, segundo Zhong et al. (2020), o implante de titânio poroso possui baixa bioatividade. Logo, existe a possibilidade de a placa ser revestida com polidopamina, um polímero resultante da oxidação da dopamina, aumentando a biointegração entre implante e osso, diminuindo as chances de rejeição do organismo ao protótipo. Este tipo de tratamento se mostrou bastante eficiente na reparação de defeitos em côndilo femoral de coelhos, devido a sua capacidade de aumentar a integração biológica do implante com o osso do paciente.

Guia de broca

Guias de broca são instrumentos utilizados principalmente em cirurgias ortopédicas, e permitem o posicionamento e a colocação precisa de parafusos e placas de titânio. Estes são produzidos com o intuito de promover maior orientação da broca na perfuração de estruturas ósseas (Kamishina et al., 2019).

A prototipagem rápida permite, por exemplo, a produção de guias de broca específicos para a colocação de parafusos transpediculares cervicais, que apresentam grande eficiência, por reduzirem o tempo cirúrgico e aumentarem a precisão da implantação dos parafusos (Blake et al., 2019). Segundo Kamishina et al. (2019), o uso destes guias resultou em desvios dos parafusos de menos de 1 milímetro, contribuindo para a diminuição de lesões iatrogênicas nas estruturas adjacentes.

Bioimpressão

Uma outra possibilidade de seu uso da prototipagem rápida é a bioimpressão, que consiste na utilização de células e outros biomateriais para a produção de órgãos e tecidos (Jamieson et al., 2021).

Estes biomateriais utilizados devem ser projetados com precisão para orientar e facilitar a resposta celular (Qiu et al., 2020). Pela bioimpressão é possível a produção de tecidos ósseos, cardiovasculares, cartilaginosos, corneais e neurais, que foi utilizado no tratamento de cães que possuíam defeito no nervo ulnar, onde foi possível constatar estímulo da regeneração neural após dez semanas da implantação do enxerto prototipado no local (Jamieson et al., 2021). Espera-se que, futuramente, ela possa ser utilizada na terapia de transplante de órgãos na medicina veterinária. Além disso, ela pode auxiliar em pesquisas oncológicas a fim de se estudar a proliferação de células neoplásicas, assim como os mecanismos de ação de novos medicamentos quimioterápicos (Oliveira et al., 2017).

Animais exóticos

A clínica de animais exóticos sofre com algumas dificuldades, tanto na anamnese, quanto no tratamento dos animais, devido a presença de diversas particularidades anatômicas e fisiológicas entre as espécies (Feitosa, 2014). E com um crescente aumento no número da criação de animais silvestres como animais de companhia, novas formas de tratamento se fazem necessárias, visto que grande parte dos acidentes relatados ocorrem com animais mantidos sob cuidados humanos e em ambiente doméstico (Santos et al., 2020).

No caso de animais mutilados, foi possível a fabricação de diversos protótipos para a reabilitação e melhora da qualidade de vida desses pacientes. Como, por exemplo, a produção de bicos para aves que sofreram acidentes, cascos para quelônios com extensas lesões nesta área, e próteses para animais que perderam um ou mais membros (Blake et al., 2019).

Animais de produção

Na área de animais de produção, a prototipagem rápida pode ser utilizada para análise, comparação e armazenamento de informações biométricas do rebanho. Além disso, essa tecnologia pode ser considerada de grande importância na medição de teto dos animais para o projeto e fabricação de dispositivos robóticos de ordenha (Viana & Bartolo, 2016).

Outra utilidade das impressoras 3D nessa área, apontada por Santos et al. (2018), está relacionada à digitalização de membros e fabricação de órteses para auxiliar no tratamento de laminites, doença muito presente tanto em bovinos, quanto em equinos.

Impasses para sua utilização

Mas há empecilhos que levam a sua baixa adesão por hospitais, como a necessidade de uma equipe capacitada, equipamento de qualidade, o custo relativamente elevado para a modulação e fabricação das placas ortopédicas prototipadas quando comparadas às convencionais (Carwardine et al., 2021; Lacerda et al., 2020) e a impossibilidade de produzir e parafusos de material não metálico com propriedades satisfatórias (Popov et al., 2019).

Para contornar o investimento ao uso desta tecnologia é necessário um adequado planejamento, pois o custo de confecção das prototipagens é muito variado devido aos diferentes preços de impressora 3D, e dos materiais utilizados na fabricação dos modelos (Quinn-Gorham & Khan, 2016). Além do recurso aportado na sua utilização poder gerar uma redução suficiente do tempo cirúrgico para cobrir seus custos (Harrysson et al., 2003). Além de sua confecção ser focada no material e as impressões serem realizadas camada por camada, reduzindo o desperdício de insumos, e o excedente poder ser reciclado (Haleem et al., 2019).

Outro ponto limitante para seu uso está no tempo de produção das peças, que possui relatos distintos para sua realização. Li et al. (2017) sugerem que o tempo de impressão de um modelo anatômico varia entre 10 horas e dus semanas, já James et al. (2020) relatam que para a realização de uma cranioplastia em cão com malha de titânio prototipada, levou em torno de três semanas entre o diagnóstico e a cirurgia. E para uma mandibulectomia parcial e reconstrução mandibular com a prótese de titânio de um felino, o período entre a TC e o procedimento foi de quatro semanas (Liptak et al., 2017). Mas mesmo o menor tempo observado ainda impede seu uso em emergências, pois o paciente não pode esperar por um longo período (Kamishina et al., 2019).

Considerações finais

A impressão 3D pode proporcionar vários benefícios à medicina veterinária, como implantes ortopédicos customizados e modelos para capacitações e planejamentos cirúrgicos, possibilitando um aumento na precisão e uma menor duração dos procedimentos. Porém, o tempo e custo para sua produção ainda podem ser considerados barreiras para seu uso.

Referências bibliográficas

Aimar, A., Palermo, A., & Innocenti, B. (2019). The role of 3D printing in medical applications: a state of the art. *Journal of Healthcare Engineering*, *2019*, 1–11.

Bainier, M., Su, A., & Redondo, R. L. (2021). 3D printed rodent skin-skull-brain model: A novel animal-free approach for neurosurgical training. *Plos One*, *16*(6), e0253477. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253477.

Blake, C., Birch, S., & Brandão, J. (2019). Medical three-dimensional printing in zoological medicine. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*, *22*(3), 331–348. https://doi.org/10.1016/j.cvex.2019.05.004.

Braga, N. A., Ferreira, N. G., & Cairo, C. A. A. (2007). Mosquetão Wiregate de alumínio leve Parachute Hammockproduction and porosity control by powder metallurgy (P/M). *Química Nova*, *30*(2), 450–457. https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200037.

Carwardine, D. R., Gosling, M. J., Burton, N. J., O'Malley, F. L., & Parsons, K. J. (2021). Three-dimensional-printed patient-specific osteotomy guides, repositioning guides and titanium plates for acute correction of antebrachial limb deformities in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, *34*(01), 43–52. https://doi.org/10.1055/s-0040-1709702.

Feitosa, F. L. F. (2014). *Semiologia veterinária: A arte do diagnóstico*. Grupo Gen-Editora Roca Ltda.

Haleem, A., Javaid, M., & Suman, R. (2019). 3D printing applications for veterinary field. *Indian Journal of Animal Sciences*, *58*(2), 171–173. https://doi.org/10.36062/ijah.58.2.2019.171-173.

Harrysson, O. L. A., Cormier, D. R., Marcellin-Little, D. J., & Jajal, K. (2003). Rapid prototyping for treatment of canine limb deformities. *Rapid Prototyping Journal*, *9*(1), 37–42. https://doi.org/10.1108/13552540310455647.

James, J., Oblak, M. L., Zur Linden, A. R., James, F. M. K., Phillips, J., & Parkes, M. (2020). Schedule feasibility and workflow for additive manufacturing of titanium plates for cranioplasty in canine skull tumors. *BMC Veterinary Research*, *16*, 1–8. https://doi.org/10.1186/s12917-020-02343-1.

Jamieson, C., Keenan, P., Kirkwood, D., Oji, S., Webster, C., Russell, K. A., & Koch, T. G. (2021). A review of recent advances in 3D bioprinting with an eye on future regenerative therapies in veterinary medicine. *Frontiers in Veterinary Science*, *7*, 584193. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.584193.

Joffe, M. R., Parr, W. C. H., Tan, C., Walsh, W. R., & Brunel, L. (2019). Development of a customized interbody fusion device for treatment of canine disc-associated cervical spondylomyelopathy. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, *32*(01), 79–86. https://doi.org/10.1055/s-0038-1676075.

Kamishina, H., Sugawara, T., Nakata, K., Nishida, H., Yada, N., Fujioka, T., Nagata, Y., Doi, A., Konno, N., & Uchida, F. (2019). Clinical application of 3D printing technology to the surgical treatment of atlantoaxial subluxation in small breed dogs. *Plos One*, *14*(5), e0216445. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216445.

Lacerda, T. F., Romanielo, A. F. R., Gomes, S. M., Souza, J. K. L., Carvalho, V. C. S., Machado, L. C. S., Chaves, A. C. H., & Martins, A. C. L. (2020). Aplicabilidade da impressora 3D na prática médica contemporânea. *Brazilian Journal of Health Review*, *3*(1), 620–625.

Li, C., Cheung, T. F., Fan, V. C., Sin, K. M., Wong, C. W. Y., & Leung, G. K. K. (2017). Applications of three-dimensional printing in surgery. *Surgical Inovation*, *24*(1), 82–88. https://doi.org/10.1177/1553350616681889.

Lima, L. F. S., Barros, A. J. B. P., Martini, A. C., Stocco, M. B., Kuczmarski, A. H., & Souza, R. L. (2019). Photogrammetry and 3D prototyping: A low-cost resource for training in veterinary orthopedics. *Ciência Rural*, *49*(12). https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180929.

Liptak, J. M., Thatcher, G. P., & Bray, J. P. (2017). Reconstruction of a mandibular segmental defect with a customized 3-dimensional–printed titanium prosthesis in a cat with a mandibular osteosarcoma. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, *250*(8), 900–908. https://doi.org/10.2460/javma.250.8.900.

Matozinhos, I. P., Madureira, A. A. C., Silva, G. F., Madeira, G. C. C., Oliveira, I. F. A., & Corrêa, C. R. (2017). Impressão 3d: inovações no campo da medicina. *Revista Interdisciplinar Ciências Médicas*, *1*(1), 143–162.

Oliveira, N. A., Roballo, K., Lisboa, A. F. S., Sandini, T. M., Santos, A. C., Martins, D. S., & Ambrosio, C. E. (2017). Bioimpressão e produção de mini-órgãos com células tronco. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, *37*, 1032–1039. https://doi.org/10.1590/S0100-736X2017000900020.

Petazzoni, M., & Nicetto, T. (2014). Rapid prototyping to design a customized locking plate for pancarpal arthrodesis in a giant breed dog. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, *27*(1), 85–89. https://doi.org/10.3415/VCOT-13-04-0055.

Pinheiro, C. M. P., Mota, G. E., Steinhaus, C., & Souza, M. (2018). Impressoras 3D: uma mudança na dinâmica do consumo. *Signos Do Consumo*, *10*(1), 15–22. https://doi.org/10.11606/issn.1984-5057.v10i1p15-22.

Popov, V. V, Muller-Kamskii, G., Katz-Demyanetz, A., Kovalevsky, A., Usov, S., Trofimcow, D., Dzhenzhera, G., & Koptyug, A. (2019). Additive manufacturing to veterinary practice: recovery of bony defects after the osteosarcoma resection in canines. *Biomedical Engineering Letters*, *9*(1), 97–108. https://doi.org/10.1007/s13534-018-00092-7.

Qiu, B., Bessler, N., Figler, K., Buchholz, M., Rios, A. C., Malda, J., Levato, R., & Caiazzo, M. (2020). Bioprinting neural systems to model central nervous system diseases. *Advanced Functional Materials*, *30*(44), 1910250. https://doi.org/10.1002/adfm.201910250.

Quinn-Gorham, D., & Khan, J. M. (2016). Thinking outside of the box: the potential of 3D printing in veterinary medicine. *Journal of Veterinary Science and Technology*, *7*(360), 2. https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000360.

Santos, I., Neto, M. O., Oliveira, M., Schettino, S., & Lima, V. (2020). Prótese parcial removível de carapaça na reabilitação de jabuti-piranga (Chelonoidis carbonaria SPIX, 1824): Relato de caso. *Enclicopédia Biosfera*, *17*(34), 417–428. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2020D32.

Santos, M. R. S., Padilha, R. C., & Eilers, T. L. (2018). Impressão 3D no desenvolvimento de prototipagem de órteses. *Anais Do IX Seminário Regional de Extensão Universitária Da Região Centro-Oeste*.

Tanzer, M., Chuang, P. J., Ngo, C. G., Song, L., & TenHuisen, K. S. (2019). Characterization of bone ingrowth and interface mechanics of a new porous 3D printed biomaterial: an animal study. *The Bone & Joint Journal*, *101*(6), 62–67. https://doi.org/10.1302/0301-620X.101B6.BJJ-2018-1472.R1.

Viana, I. H. M., & Bartolo, P. J. D. S. (2016). New applications of three-dimensional data acquisition, modelling, and printing in animal sciences: A case report. *Proceedings of the 2nd International Conference on Progress in Additive Manufacturing*.

Winer, J. N., Verstraete, F. J. M., Cissell, D. D., Lucero, S., Athanasiou, K. A., & Arzi, B. (2017). The application of 3-dimensional printing for preoperative planning in oral and maxillofacial surgery in dogs and cats. *Veterinary Surgery*, *46*(7), 942–951. https://doi.org/10.1111/vsu.12683.

Zamborsky, R., Kilian, M., Jacko, P., Bernadic, M., & Hudak, R. (2019). Perspectives of 3D printing technology in orthopaedic surgery. *Bratislavské Lékarské Listy*, *120*(7), 498–504. https://doi.org/10.4149/BLL_2019_079.

Zhong, W., Li, J., Hu, C., Quan, Z., Jiang, D., Huang, G., & Wang, Z. (2020). 3D-printed titanium implant-coated polydopamine for repairing femoral condyle defects in rabbits. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, *15*(1), 1–7. https://doi.org/10.1186/s13018-020-01593-x.

Histórico do artigo:
Recebido: 18 de setembro de 2021
Aprovado: 12 de outubro de 2021
Disponível online: 30 de janeiro de 2022

Licenciamento: Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.