

3D 打印制作多孔钛种植体的研究进展

毛梦芸

浙江大学医学院附属口腔医院 浙江杭州 310000

〔中图分类号〕R318.08 〔文献标识码〕A 〔文章编号〕2095-7165 (2019) 07-275-01

钛及钛合金具有良好的机械性能和生物相容性，一直作为口腔种植体及骨科替代材料的首选。近年来学者对于钛及钛合金多孔结构进行广泛研究，旨在获得体内形成快速稳定骨结合的替代材料。多孔钛机械性能更接近骨组织，内部贯通的孔隙结构为新骨长入提供空间，形成机械嵌合，有效提高结合强度，且大孔隙利于血管化和代谢物质运输^[1]。3D 打印技术可获得形状复杂、高精度的功能件，可用于多孔钛的制作。

1 种植体设计

人体骨松质是由大量针状或片状骨小梁相互连接而成的多孔隙网架结构，因此具有网架结构的种植体更符合生物学要求，为成骨细胞附着，增殖并最终形成良好的骨结合提供基础。

Hollanderd, D. A 等^[2]将人成骨细胞接种于网架结构表面，14 天后观察到成骨细胞生长良好，孔径 500 μm 组中，孔表面已充满细胞，并向结构内部生长，提示网架结构有利于骨结合形成。

在多孔表面，骨组织可向孔突内生长，增强种植体与骨的结合并诱导骨生长，为即刻种植奠定基础。A. Fukuda 等^[3]制作内部有纵向贯通四方管道的多孔种植体，表面进行化学和热处理，促使产生生物活性，将其植入成年比格犬的背部，16 周后取出种植体，扫描电子显微镜观察到直径 500 和 600 μm 的孔隙中有明显的诱导成骨；植入后 26 周、52 周取出种植体，显示直径 500 μm 孔隙具有更杰出的骨诱导性。

Hideshi Miura 等^[4]制作蜂窝状多孔结构的 Ti-6Al-7Nb 标准件，表面接种 MC3T3-E1 细胞系，结果显示在孔径为 300 μm 的表面成骨细胞增殖水平最高，这一数值也符合松质骨微观结构的孔径大小。

模仿骨小梁形态的多孔结构，采用金属 3D 打印技术制作的种植体多具有均匀的孔隙和结构，而在人体骨小梁中不存在相同的孔隙形状或者大小，提示生物模板相比于人造结构模板对骨结合可能更为有利。

2 表面处理

种植的成败取决于其是否达到良好的骨结合，在此过程中，成骨细胞是最主要的组织形成细胞，它在种植体表面黏附，继而增殖、分化，是达到骨结合的前提。目前，已采用多种表面处理方法来原因种植体骨结合效果，包括机械处理法、化学处理法、生物处理法等。

3 体内外实验

Hollanderd, D. A 等^[2]将人成骨细胞接种于网架结构表面成骨，细胞 (MG63) 表现出高活性，细胞增殖水平和碱性磷酸酶含量随着孔隙率的增大而减少；后期分化标记物，如骨钙素、骨保护素、血管内皮生长因子和骨形态发生蛋白 2 和 4 随着孔隙率的增大而增多。骨保护素增加可以抑制破骨细胞分化，是一种促骨生长的保护机制，并且调节成骨-破骨活动。Deepak K. Pattanayak^[6]等将仿骨小梁形态的多孔钛植入日本白兔的股骨，12 周后显示有新骨渗透到孔隙中且紧密结合在孔壁上。这些结果表明，3D 打印制造的仿骨小梁结构的多孔模型可促进成骨细胞反应，诱导新骨形成，从而增强体内骨结合。

4 展望

综上所述，已有多种处理种植体表面的方法实验证明能够提高骨结合，3D 打印技术引入口腔种植学为种植体的性能改良提供更为广阔的发展空间，如何将种植体内部结构，表面处理，螺纹形态等多方面因素有机结合，创造出机械性能、生物学性能最优、最有利于患者缺失牙修复的种植体设计成为学者们进一步的研究。

〔参考文献〕

- [1] Niinomi M. Recent research and development in titanium alloys for biomedical applications and healthcare goods[J]. Sci Technol Adv Mater, 2003, 45: 445-454.
- [2] Hollander DA, von Walter M, Wirtz T, et al. Structural, mechanical and in vitro characterization of individually structured Ti-6Al-4V produced by direct laser forming[J]. Biomaterials, 2006, 27(7), 955-963.
- [3] Fukuda A, Takemoto M, Saito T, et al. Osteoinduction of porous Ti implants with a channel structure fabricated by selective laser melting[J]. Acta Biomater, 2011, 7(5):2327-2336.
- [4] Miura H, Kang H, Itoh Y, et al. High Performance Titanium Alloy Compacts by Advanced Powder Processing Techniques[J]. Key Engineering Materials Vol, 2012, 520:30-40.
- [5] Pattanayak DK, Fukuda A, Matsushita T, et al. Bioactive Ti metal analogous to human cancellous bone: Fabrication by selective laser melting and chemical treatments[J]. Acta Biomater, 2011, 7(3):1398-1406.
- [6] 蔡镇. 中药人参煎剂对慢性心力衰竭患者及血浆脑钠肽水平的影响[J]. 中医药信息, 2016, 37 (01) : 56-59.
- [7] 申磊. 中西医结合治疗冠心病心力衰竭疗效观察[J]. 中国实用医药, 2019, 14 (17) : 128-129.
- [8] 王厚强. 中西医结合治疗慢性肺源性心脏病合并心力衰竭疗效观察[J]. 临床医药文献电子杂志, 2019, 06 (47) : 52-53.
- [9] 周炼. 中西医结合治疗急诊重症心力衰竭的效果评价[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2019, 07 (16) : 164-165.
- [10] 李宏波. 中西医结合治疗慢性肺心病并发顽固性心力衰竭的效果观察[J]. 社区医学杂志, 2016, 14 (08) : 62-63.
- [11] 刘志刚, 孙宜芬. 中西医结合治疗老年顽固性心力衰竭 60 例疗效观察[J]. 今日药学, 2016, 26 (7) : 525-526.
- [12] 周炼. 中西医结合治疗急诊重症心力衰竭的效果评价[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2019, 07 (16) : 164-165.
- [13] 张国胜, 寇月姣. 中西医结合治疗老年慢性充血性心力衰竭 51 例临床研究[J]. 山西中医, 2016, 31 (6) : 7-30.

(上接第 274 页)

用中医药杂志, 2018, 34 (6) : 706-707.