자유 형상 제작 시스템을 이용한 폴리머/세라믹 하이브리드 인공지지체 개발에 관한 연구

A Study on Development of Polymer/Ceramic Hybrid Scaffold using Solid Free-form Fabrication System

*사민우 [1], #김종영 [1]

*M. W. Sa[1], #J. Y. Kim(jykim@anu.ac.kr)[1]

[1] 안동대학교 기계공학과

Key words : Solid free-form fabrication system, Polymer, Ceramic, Hybrid scaffold

1. 서론

기계공학(mechanical engineering) 기반의 골조직공학(bone tissue engineering)에서는 3 차원(three-dimensional) 다공성 인공지지체(scaffold) 제작에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이때 자유 형상 제작 기술(solid free-form fabrication technology)은 다양한 생체재료(biomaterial)를 이용하여 마이크로(micro) 단위의 3 차원 다공성 인공지지체를 제작하는데 있어 쉽게 제어하고 가공할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 실제 골(bone)의 특성상 기계적 강도가 우수한 인공지지체를 필요로 하고 또한 세포의 증식(proliferation)과 내부 연결성이 뛰어난 인공지지체의 개발이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 자유 형상 제작 시스템(solid free-form fabrication system, SFFS)을 이용하여 3 차원 형상의 폴리카프로락톤(PCL, Mw 65,000, Sigma Aldrich, USA)과 삼인산칼슘(β-TCP, particle size: Avg. 100 nm, Berkeley Advanced Biomaterials, Inc., USA)이 결합된 하이브리드(hybrid) 인공지지체를 제작하였다. β-TCP 인공지지체의 수축(shrinkage)된 값을 계산하여 PCL 인공지지체를 제작할 수 있도록 하였고 기계적 강도와 생체적합성(biocompatibility) 그리고 세포 증식을 증대시킬 수 있는 복합적인 기능의 PCL/β-TCP 하이브리드 인공지지체를 개발하는 연구를 수행하였다.

2. 인공지지체의 제작 과정

폴리머 인공지지체와 세라믹 인공지지체의 재료 준비 과정은 이전 논문과 동일한 방법으로 수행되었다. PCL/β-TCP 하이브리드 인공지지체의 제작 과정은 Fig. 1 에서 보여주고 있다. 먼저 1150 ˚C 에서 소결된 β-TCP 인공지지체의 수축된 값들을 계산한다. 그 후 PCL 인공지지체를 제작하기 위한 형상 코드를 컴퓨터에 입력한다. 반복적인 코드에 의해 3 차원 PCL 인공지지체를 제작하고 β-TCP 인공지지체와 결합하게 된다.

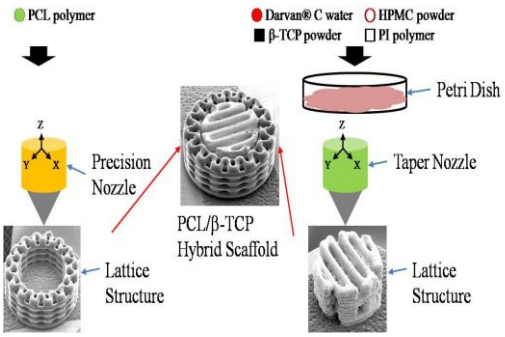

Fig. 1 Process of PCL/β-TCP hybrid scaffold using SFFS

3. PCL/β-TCP 하이브리드 인공지지체 제작

PCL/β-TCP 하이브리드 인공지지체를 제작하기 위해서는 폴리머 및 세라믹 제작 기술이 요구되었다. 그래서 본 연구에서는

자유 형상 제작 시스템을 이용함으로써 PCL 인공지지체와 β-TCP 인공지지체를 각각 제작하였다. Fig. 2 는 제작된 PCL/β-TCP 하이브리드 인공지지체의 주사전자현미경 사진이다. Fig. 3 은 β-TCP 용액으로 제작된 인공지지체의 소결 전과 1150 ˚C 에서 소결된 후의 무게를 측정해 보았다. 소결 전보다 소결 후에 약 0.05g 의 감소를 보였다. 이는 세라믹 용액에 첨가되어 있는 혼합물들이 고온의 소결 공정에 의해 제거되었다고 볼 수 있었다. Fig. 4 는 Fig. 3 과 같은 조건에서 인공지지체의 지름을 측정한 것을 보여주고 있다.

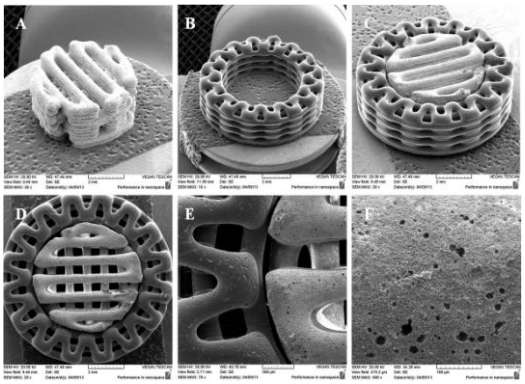

Fig. 2 SEM images of PCL/β-TCP hybrid scaffold fabricated by solid free-form fabrication system(A: β-TCP scaffold, B: PCL scaffold, C: PCL/β-TCP hybrid scaffold, D: upper side of PCL/β-TCP hybrid scaffold, E: contact between PCL and β-TCP scaffold, and F: surface of β-TCP scaffold)

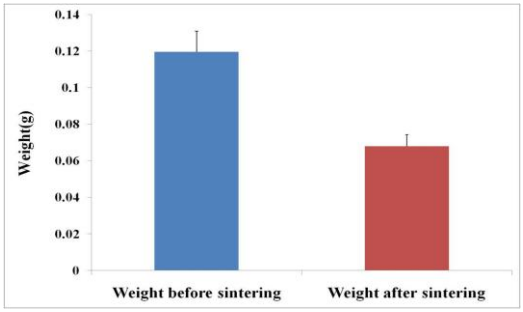

Fig. 3 Weight comparison of ceramic solution scaffold(before sintering) and sintered β-TCP scaffold(after sintering) at 1150 ˚C

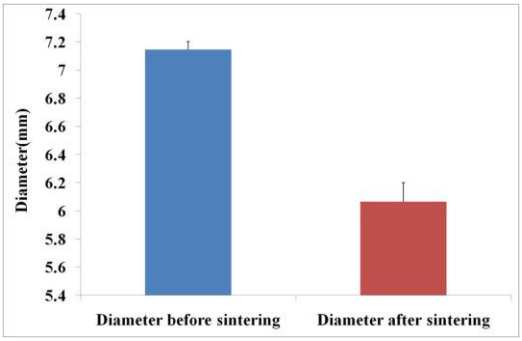

Fig. 4 Diameter comparison of ceramic solution scaffold(before sintering) and sintered β-TCP scaffold(after sintering) at 1150 ˚C

4. 결론

본 연구에서는 기존에 단일재료를 이용한 인공지지체의 단점을 보완하고자 새로운 제작 방식과 인공지지체의 형상을 개발하였다. 향후 개발된 PCL/β-TCP 하이브리드 인공지지체를 이용하여 기계적 특성, in-vitro 세포 증식 평가 그리고 in-vivo 동물 실험을 수행해 나갈 것이다.

후기

이 논문은 2010 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2010-0022011).

참고문헌

1. Hutmacher, D. W., "Scaffolds in tissue engineering bone and cartilage," Biomaterials , **21**, 2529-2543.
2. Sa, M. W. and Kim, J. Y., "Effect of Various Blending Ratios on the Cell Characteristics of PCL and PLGA Scaffolds Fabricated by Polymer Deposition System," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, **14**, 649-655, 2013.
3. 김종영, "폴리머 적층 시스템을 이용한 다양한 3 차원 미세 구조물 제작에 관한 연구," 한국 정밀공학회지, **29**, 686-692, 2012.