

조직공학용 3 차원 인공지지체 제작을 위한 폴리머 적층 시스템 개발

Development of polymer deposition system for three dimensional scaffold fabrication in tissue engineering

*# 김종영¹, 조동우^{2,3}

*# J. Y. Kim(jykim@andong.ac.kr)¹, D.-W. Cho^{2,3}

¹국립 안동대학교 기계공학과, ²포스텍 기계공학과, ³포스텍 융합생명공학과

Key words : Scaffold, Polymer deposition system, Tissue Engineering

1. 서론

조직공학 및 재생의학은 3 차원 인공 지지체를 이용하여 생체 외 환경에서 성장한 세포를 이식함으로써 조직을 재생하고 기능을 재할시키는 것이 주 목표이다. 이러한 조직공학 기술은 세포 생물학, 인공지지체 제작 기술 및 세포의 증식 및 분화를 촉진시키는 생리 활성물질 개발 등의 다 학제간 연구를 기반으로 하고 있다. 현재 인공 지지체 제작을 위해 사용되는 다공성 구조체는 염 발포법, 상 분리법, 염 침출법, 유화 동결 건조법등을 이용해 만들어진다. 하지만 제조 공정이 복잡할뿐더러 정밀한 구조로 제작할 수 없다. 게다가 형상 제작 과정에서 공극 크기 및 공극률을 원하는 형태로 제어하기 어렵고 재현 반복성을 기대할 수 없다. 최근에 쾌속 조형 (Rapid prototyping, RP) 기술을 이용하여 정밀한 3 차원 형태의 인공지지체 제작을 통해 조직 재생 기법에 관한 연구가 활발히 시도되고 있다.

본 연구에서는 조직 공학용 인공지지체 제작용 폴리머 적층 시스템을 제작하였다. 이 시스템은 2 개의 적층 헤드를 이용하여 인공지지체를 제작할 수 있다. 또한, 정밀 모션 제어, 온도 및 압력 제어를 통해 50 μ m 이하의 형상 정밀도를 가진 인공지지체 제작이 가능하다. 이를 통해 PCL (Poly-caprolactone)과 PLGA (Poly-lactic-co-glycolic acid) 및 TCP(Tri-calcium phosphate)를 이용하여 3 차원 인공 지지체를 제작하였으며 이를 통해 폴리머 적층

시스템의 조직 공학으로의 적용 가능성을 검증하였다.

2. 폴리머 적층 시스템

폴리머 적층 시스템은 2 개의 적층 헤드를 가지고 있다. 각 헤드는 최대 700 kPa, 350 °C 의 압력 및 온도 제어 기능을 가지고 있어 다양한 생분해성 폴리머를 이용한 인공지지체 제작이 가능하다. Table 1 및 Figure 1 은 폴리머 적층 시스템의 개발 사양을 보여준다.

Table 1 Motion specifications of the system

	X-Axis	Y-Axis	Z-Axis
Number of Axis	1		2
Motor	Linear motor		AC servo motor
Encoder	Linear encoder		Rotary encoder
Working Area	150 X 150 X 50 mm		
Resolution	1.9 nm	1.9 nm	15 nm
Accuracy	$\pm 1.2 \mu\text{m}$	$\pm 2.0 \mu\text{m}$	$\pm 6 \mu\text{m}$
Repeatability	$\pm 1 \mu\text{m}$	$\pm 1 \mu\text{m}$	$\pm 3 \mu\text{m}$
Max.Velocity	0.5 m/sec	0.5 m/sec	0.1 m/sec
Max. Acceleration	0.5 G		



Fig. 1 Polymer deposition system

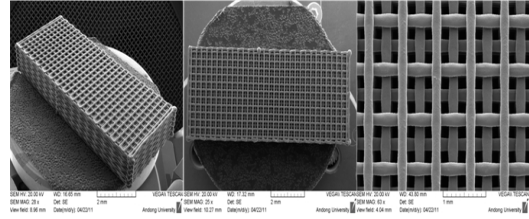


Fig. 2 PCL scaffold

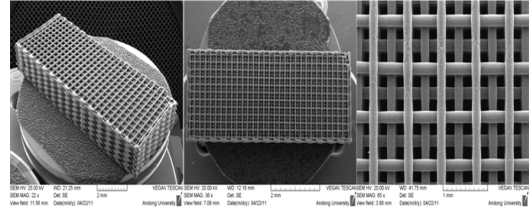


Fig. 3 PCL/PLGA scaffold

3. 3 차원 인공지지체 제작

폴리머 적층 시스템을 이용하여 직육면체 모양의 25.0 x 10.0 x 4 mm 사이즈인 3 차원 PCL 및 PCL/PLGA 인공지지체를 제작하였다 (Figures 2 and 3). 인공 지지체의 선폭은 200 μ m, 내부공극은 600 μ m 이며 각 층은 서로 엇갈리게 제작되었다. 계산된 공극률은 67 % 인 것으로 평가되었다. Table 2 는 PCL 과 PCL/PLGA 인공지지체의 제작 공정 조건을 보여주고 있다. PCL/PLGA 인공지지체의 제작 속도가 PCL 에 비하여 빠른 이유는 PLGA 비율에 의한 점도의 변화 때문으로 판단된다. 또한, PLGA 는 PCL 에 비해 세포 친화도가 상대적으로 높은 재료로 알려져 있다. 따라서 PCL/PLGA 인공지지체가 조직 공학으로의 적용 가능성이 보다 높으리라 사료된다.

Table 2 Process condition of 3D scaffolds

	PCL	PCL/PLGA
Nozzle size		1
Pressure	450 kPa	550 kPa
Temperature	100 $^{\circ}$ C	150 $^{\circ}$ C
Velocity	220 mm/min	250 mm/min
Pore size	200 \pm 20 μ m	
Overall size	25 X 10 X 4 mm	

4. 결론

본 연구에서는 최소 50 μ m 이하의 형상 정밀도를 가지며 복잡하고 정밀한 부품을 제작할 수 있는 폴리머 적층 시스템을 개발하였다. 그리고 FDA 승인을 받은 바이오 소재 중 PCL 과 PCL/PLGA 을 이용하여 외부 사이즈가 25.0 x 10.0 x 4.0 mm 이면서 공극률이 약 67%인 3 차원 인공지지체를 제작하였다.

후기

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

참고문헌

1. Langer, R., and Vacanti, J., "Tissue Engineering", Science, **260**, 920~926, 1993.
2. Kim, J. Y., Lee, T.-J., Cho, D.-W., and Kim, B.-S., "Solid Free-form fabrication based PCL/HA scaffolds fabricated with a multi-head deposition system for bone tissue engineering", J. Biomater. Sci. Polymer. Ed., **21**, 951-962, 2010.
3. Hutmacher, D. W., "Scaffolds in tissue engineering bone and cartilage", Biomaterials, **21**, 2529~2543, 2000.