

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0053664

(43) 공개일자 2020년05월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61L 27/56 (2006.01) A61L 27/20 (2006.01)

A61L 27/24 (2006.01) A61L 27/26 (2006.01)

B33Y 10/00 (2015.01) B33Y 30/00 (2015.01)

B33Y 70/00 (2020.01) B33Y 80/00 (2015.01)

C12N 5/00 (2006.01) D01D 5/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61L 27/56 (2013.01)

A61L 27/20 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0129277

(22) 출원일자 2018년10월26일

심사청구일자 2018년10월26일

(71) 출원인

계명대학교 산학협력단

대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 계명대학교
산학협력관 201호(신당동)

(72) 발명자

최해운

대구광역시 달성군 다사읍 대실역남로 33 307동
1702호 (죽곡리, 죽곡청아람리슈빌3단지아파트)

최재훈

경상남도 창원시 마산회원구 양덕서로 30 (양덕동, 메트로시티) 121동 1203호

박승규

대구광역시 남구 성당로30길 64, 화성빌 303호 (대명동)

(74) 대리인

김일환

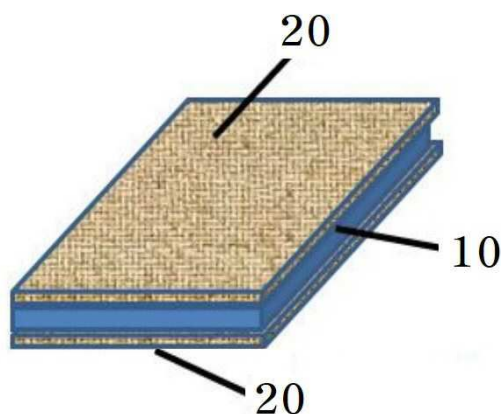
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드 및 이를 제작하는 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드는, 3D 프린터로 인쇄된 PLA(Poly Lactic Acid) 플랫폼과; 상기 PLA 플랫폼의 양쪽면에 구성되는 나노 섬유층을 포함하여 구성됨으로써, 우수한 세포 성장 환경을 제공하면서 나노 섬유 기반 스캐폴드보다 더 높은 기계적 강도를 가질 수 있게 된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61L 27/24 (2013.01)
A61L 27/26 (2013.01)
B29C 64/10 (2017.08)
B33Y 10/00 (2013.01)
C12N 5/0068 (2013.01)
D01D 5/0015 (2013.01)
A61L 2400/12 (2013.01)
C12N 2533/30 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345271755
부처명	교육부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	기본연구지원사업
연구과제명	3D 프린팅 기반 생체친화형 바이오 스케폴드 기초연구
기 여 율	1/1
주관기관	계명대학교
연구기간	2015.11.01 ~ 2018.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

3D 프린터로 인쇄된 PLA(Poly Lactic Acid) 플랫폼과;

상기 PLA 플랫폼의 양쪽면에 구성되는 나노 섬유층을 포함한 것을 특징으로 하는 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 PLA 플랫폼은 100 μm 두께로 형성되고, 상기 나노 섬유층은 50 μm 두께로 상기 PLA 플랫폼의 양쪽면에 각각 형성된 것을 특징으로 하는 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 PLA 플랫폼은 FDM 방식의 3D 프린터를 이용하여 제작된 것을 특징으로 하는 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 나노 섬유층은 PCL(polycaprolactone) 소재로 제작된 것을 특징으로 하는 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 나노 섬유층은 PCL 소재와 콜라겐(collagen)의 혼합물로 제작된 것을 특징으로 하는 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 나노 섬유층은 PCL과 콜라겐 혼합물을 클로로포름과 메탄올의 비율이 7 : 3 인 용액에 녹여 구성된 소재로 제작된 것을 특징으로 하는 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 나노 섬유층을 제작하는 합성물에는 첨가제로 NaCl이 첨가된 것을 특징으로 하는 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드.

청구항 8

3D 프린터로 PLA(Poly Lactic Acid) 플랫폼을 인쇄하여 제작하는 제 1 단계와;

상기 제 1 단계에서 제작된 PLA 플랫폼을 전기 방사 장비에 투입하는 제 2 단계와;

상기 제 2 단계 후에, 상기 PLA 플랫폼의 양쪽면에 PCL 소재를 방사하여 나노 섬유층을 형성하는 제 3 단계를 포함한 것을 특징으로 하는 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드 제작 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 전기 방사 장비는 나노 섬유 형성의 형성을 모니터링 하기 위해 카메라와 다이오드 레이저로 구성된 레이저 시각화 장치가 포함된 장비를 이용하는 것을 특징으로 하는 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드 제작 방법.

청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 제 3 단계에서, 상기 PCL 소재를 방사하는 노즐과 PLA 플랫폼 사이에 15kV의 전압을 인가하면서 나노 섬유층을 형성하는 것을 특징으로 하는 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드 제작 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 의료 분야에서 이용되는 바이오 스캐폴드 및 이를 제작하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 바이오 스캐폴드(bioscaffold)는 주로 의료 분야에서 뼈 또는 연골 재생에 사용된다. 또한, 바이오 스캐폴드는 피부 또는 조직의 재생뿐만 아니라 3D 프린팅에 의한 장기 재생에도 광범위하게 사용되고 있다.

[0003] 조직학 스캐폴드의 설계 및 제작에는 성공적인 세포 성장을 위한 재료 과학, 생화학 및 생명 과학 분야의 상호 간의 지식이 요구된다. 생체 재료로 구성된 인공 조직 스캐폴드의 사용은 점점 더 많은 연구 주제가 되어 왔으며 지난 수십 년 동안 많은 연구가 수행되었다.

[0004] 많은 연구들이 혈관 조직 공학, 조직 결합 개선 및 조직 재생에서 수행되어왔다. 바이오 스캐폴드의 소재로 이용하기 위해서는, 그 소재가 어떠한 생물학적 교란을 일으키지 않고 치료 또는 진단 목적을 위해 생물학적 시스템과 상호 작용해야한다. 생체 물질(소재)은 좋은 생체 적합성을 위해 높은 표면적 대 부피 비율을 제공해야한다.

[0005] 나노 섬유 기반 바이오 스캐폴드는 높은 표면적 대 부피 비율로 인해 생체 적합성 바이오 스캐폴드로 사용되고 있다.

[0006] 이러한 나노 섬유 기반 바이오 스캐폴드는 전기 방사법(Electrospinning, ES)과 3D 인쇄 기술을 이용하여 제작된다.

[0007] 전기 방사법은 고분자 나노 섬유 제조를 위한 효율적인 기술이다. 최근 몇 년 동안, 다양한 바이오 폴리머는 다양한 용매 용액에서 성공적으로 전기 방사되었다. 전기 방사법을 이용한 바이오 스캐폴드의 제조는 PCL 및 PLA와 같은 생분해성 재료를 사용하여 가능하게 된다. 이러한 생체 적합 물질은 세포 부착과 세포 증식을 증가시킨다. 그러나, 나노 섬유의 다공성으로 인하여 기계적 강도가 떨어지므로 실용화에는 한계가 있다.

[0008] 한편, 3D 인쇄 기술은 제조의 새로운 시대를 열고 있고, 프로토타입 제작의 빠른 방법으로 인해 생명 공학 응용 분야에도 사용되고 있다. FDM(Fused Deposition Modeling) 및 FFF(Fused Filament Fabrication)는 가장 효율적이고 널리 사용되는 3D 인쇄 프로세스이다. FDM을 사용하여, 용융된 물질, 전형적으로 열가소성 중합체를 선택적으로 증착시킴으로써 생체 물질 기반의 대상물을 제조할 수 있게 되었다.

[0009] 그러나, 상기한 바와 같이 바이오 스캐폴드 제조 방법은, 전기 방사법을 사용하면 나노 섬유 형태의 바이오 스캐폴드를 제작할 수 있으나, 적층 등에 너무 많은 시간이 걸리고, 3D 프린터를 이용할 경우에는 보다 정교한 스캐폴드 제작이 어려운 문제점이 있다.

[0010] 또한, 바이오 스캐폴드를 제작하는 소재로는 생체친화 및 생체흡수형 소재로서 합성고분자 화합물인 PCL, PLA, PLGA 등이 많이 사용되고 있으나, 이중 PCL은 생체흡수는 잘되나, 내구성이 약하고, PLA 등은 내구성은 좋으나 생체흡수가 어려운 문제점이 있다.

[0011] 이상 설명한 배경기술의 내용은 이 건 출원의 발명자가 본 발명의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 본 발명의 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는

없다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 제10-1585328호
(특허문헌 0002) 한국 등록특허 제10-1186093호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 바이오 스캐폴드를 제작하기 위해 전기 방사법과 3D 프린팅법을 결합하여 복합 소재로 다층 구조로 제작함으로써 우수한 생체 적합성을 가지면서 내구성을 높일 수 있는 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드 및 이를 제작하는 방법을 제공하는 데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명에 따른 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드는, 3D 프린터로 인쇄된 PLA(Poly Lactic Acid) 플랫폼과; 상기 PLA 플랫폼의 양쪽면에 구성되는 나노 섬유층을 포함한 것을 특징으로 한다.
- [0015] 상기 PLA 플랫폼은 100 μm 두께로 형성되고, 상기 나노 섬유층은 50 μm 두께로 상기 PLA 플랫폼의 양쪽면에 각각 형성될 수 있다.
- [0016] 상기 PLA 플랫폼은 FDM 방식의 3D 프린터를 이용하여 제작되는 것이 바람직하다.
- [0017] 상기 나노 섬유층은 PCL(polycaprolactone) 소재로 제작되는 것이 바람직하다.
- [0018] 상기 나노 섬유층은 PCL 소재와 콜라겐(collagen)의 혼합물로 제작될 수 있다.
- [0019] 상기 나노 섬유층은 PCL과 콜라겐 혼합물을 클로로포름과 메탄올의 비율이 7 : 3 인 용액에 녹여 구성된 소재로 제작될 수 있다.
- [0020] 상기 나노 섬유층을 제작하는 합성물에는 첨가제로 NaCl이 첨가될 수 있다.
- [0021] 또한, 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명에 따른 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드 제작 방법은, 3D 프린터로 PLA(Poly Lactic Acid) 플랫폼을 인쇄하여 제작하는 제 1 단계와; 상기 제 1 단계에서 제작된 PLA 플랫폼을 전기 방사 장비에 투입하는 제 2 단계와; 상기 제 2 단계 후에, 상기 PLA 플랫폼의 양쪽면에 PCL 소재를 방사하여 나노 섬유층을 형성하는 제 3 단계를 포함한 것을 특징으로 한다.
- [0022] 상기 전기 방사 장비는 나노 섬유의 형성을 모니터링 하기 위해 카메라와 다이오드 레이저로 구성된 레이저 시각화 장치가 포함된 장비를 이용할 수 있다.
- [0023] 상기 제 3 단계에서, 상기 PCL 소재를 방사하는 노즐과 PLA 플랫폼 사이에 15kV의 전압을 인가하면서 나노 섬유층을 형성할 수 있다.
- [0024] 상기한 바와 같은 본 발명의 주요한 과제 해결 수단들은, 아래에서 설명될 '발명의 실시를 위한 구체적인 내용', 또는 첨부된 '도면' 등의 예시를 통해 보다 구체적이고 명확하게 설명될 것이며, 이때 상기한 바와 같은 주요한 과제 해결 수단 외에도, 본 발명에 따른 다양한 과제 해결 수단들이 추가로 제시되어 설명될 것이다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명에 따른 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드 및 이를 제작하는 방법은 전기 방사법과 3D 프린팅법을 결합하여 복합 소재로 다층 구조로 제작하기 때문에 우수한 세포 성장 환경을 제공하면서 나노 섬유 기반 스캐폴드보다 더 높은 기계적 강도를 가질 수 있는 효과를 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명에 따른 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드가 도시된 개략적인 사시도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드를 제작하기 위한 전기 방사 장비가 도시된 사시도이다.
- 도 3은 본 발명에서 전압에 따라 나노 섬유층이 형성되는 상태를 보인 사진들이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 다층 바이오 스캐폴드의 확대 사진 및 나노 섬유 사진이다.
- 도 5는 본 발명에 따른 나노 섬유층의 SEM 이미지들이다.
- 도 6은 본 발명에서 전압에 따른 나노 섬유층의 균일성을 보여주는 도면들이다.
- 도 7은 본 발명에 따라 LA 플랫폼에 나노 섬유층이 형성되는 구조를 보여주는 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명하면 다음과 같다.
- [0028] 도 1은 본 발명에 따른 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드가 도시된 개략적인 사시도이다.
- [0029] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드는 플랫폼으로서 PLA(Poly Lactic Acid) 소재를 이용하여 3D 프린터로 PLA 플랫폼(10)을 제작하고, PLA 플랫폼(10)의 양면에 PCL과 젤라틴 합성물을 전기 방사시켜 나노 섬유층(20)을 형성하는 구조로 이루어진다.
- [0030] 본 발명의 3D 인쇄를 이용한 다층 바이오 스캐폴드를 제조하는 전기 방사 장비(30)와 3D 프린터(미도시)를 살펴본다.
- [0031] 먼저, 전기 방사 장비(30)는 도 2에 도시된 바와 같이 고정밀 주입 펌프(33), 마이크로 노즐(41), 고전압 전원 공급 장치(31) 및 레이저 시각화 장치(35, 37) 등으로 구성된다.
- [0032] 고정밀 주입 펌프(33)는 용액을 가압하여 원하는 유속을 생성할 수 있도록 구성되는 것이 바람직하다.
- [0033] 마이크로 노즐(41)은 내경이 0.1 mm인 스테인리스 스틸 노즐로 이루어질 수 있으며, 나노 섬유를 형성할 수 있도록 구성되는 것이 바람직하다.
- [0034] 고전압 전원 공급 장치(31)는 최대 전압 30 kV를 생성할 수 있는 전압 공급 장치로 구성되는 것이 바람직하다.
- [0035] 레이저 시각화 장치(35, 37)는 나노 섬유 형성을 모니터링 하기 위해 카메라(35)와 다이오드 레이저(37)로 구성되어, 다이오드 레이저(37)가 나노 섬유에 부딪칠 때, 산란 된 빛을 카메라(35)에 의해 실시간으로 관찰할 수 있도록 구성되는 것이 바람직하다.
- [0036] 상기와 같이 구성되는 전기 방사 장비(30)는 나노 섬유를 외부 교란으로부터 보호하기 위해 케이스(43)를 이용하여 밀폐된 구조 내에 구성되는 것이 바람직하다.
- [0037] 마이크로 노즐(41)에서 방사되어 제작된 나노 섬유는 접지 전극(39) 쪽에 배치된 콜렉터 즉, PLA 플랫폼(10)에 수집되고, 이 때 나노 섬유가 수집되는 모양은 완성된 바이오 스캐폴드의 모양을 결정하게 된다.
- [0038] 다음, 3D 프린터는 FDM 방식의 3D 프린터를 이용할 수 있다. 물론 공지된 다른 종류의 3D 프린터를 이용하는 것도 가능하다.
- [0039] 3D 프린터로 PLA 소재를 이용하여 대략 100 μ m 두께의 PLA 플랫폼(10)을 제작한다.
- [0040] 이와 같은 PLA 플랫폼(10)을 전기 방사 장비(30) 내에 투입하고, 전기 방사 방법으로 PLA 플랫폼(10)의 양면에 나노 섬유층(20)을 형성한다. 이때 3D 프린터로 인쇄된 PLA 플랫폼(10)은 기계적 강도를 제공하고 양쪽의 PCL 나노 섬유층(20)은 세포 성장 환경을 제공하게 된다. 증착된 PLA를 펄소 레이저(femtosecond laser)를 이용하여 제거하고, 마이크로 웰(microwells)을 형성시킬 수 있고, 이후의 세포 파종에 사용될 수 있게 된다.
- [0041] 상기한 바와 같이 전기 방사와 3D 프린팅을 이용한 다층 바이오 스캐폴드 제작 공정에 대해 설명한다.
- [0042] 전기 방사 장비(30)를 이용하여 나노 섬유층(20)을 제작하는 재료는 PCL(polycaprolactone)인 것이 바람직하다. PCL은 바이오 스캐폴드에 일반적으로 사용되는 생분해성 물질이기 때문이다. 실험 프로세스 파라미

터는 PCL 농도, 인가 전압, 유속 및 TCD(tip to contact distance) 등이다.

- [0043] 이때, PCL 농도는 2 내지 8 중량%로 설정할 수 있고, PCL을 용매로서 클로로포름 및 디클로로 메탄(DCM)의 조합에 의해 7 : 3의 비율로 분말 형태로 용해시켜 사용하는 것이 바람직하다. 그리고 균질한 섬유 크기를 생성하기 위해 첨가제로 소량의 NaCl을 첨가할 수 있다.
- [0044] 도 3을 참조하면, 전기 방사 장비(30)의 노즐(41)에서 분사되는 PCL 액적은 실시간으로 레이저 시각화 장치(35, 37)로 모니터링 된다. 전압이 0V이면, 도 3의 (a)에서와 같이 표면 장력에 의해 노즐(41) 끝단에 작은 액적이 관찰된다. 전압이 상승하게 되면(low voltage), 도 3의 (b)에서와 같이, 노즐(41) 끝단의 액적이 더 얇아지면서 나노 섬유의 불안정한 흐름을 형성하기 시작한다. 전압이 더 상승하게 되면(high voltage), 도 3의 (c)에서와 같이 나노 섬유가 안정화되고 연속적으로 나노 섬유가 생성된다.
- [0045] 이와 같이 형성되는 나노 섬유의 크기 및 안정성은 농도, 전압, 유속 및 TCD와 같은 공정 매개 변수에 의해 결정된다. 전압은 농도를 제외한 결과에 대해 가장 민감한 매개 변수로 볼 수 있지만, 농도는 사전 최적화되어 공정에서 고정된 변수로 간주하는 것이 바람직하다.
- [0046] 상기와 같은 나노 섬유층(20)을 3D 프린팅된 PLA 플랫폼(10)의 양면에 방사하여 형성한다. 이때 PLA 플랫폼(10)은 100 μm 두께로 형성하고, 나노 섬유층(20)은 50 μm 두께로 형성할 수 있다. PLA 플랫폼(10)과 그 양면에 나노 섬유층(20)이 구성된 바이오 스캐폴드는 나노 섬유층(20)이 PLA 플랫폼(10) 표면을 완전히 덮은 상태에서 세포 성장 영역을 형성하게 된다.
- [0047] 이제, 본 발명에 따른 바이오 스캐폴드의 구조에 대하여 설명한다.
- [0048] PLA 플랫폼(10)은 상기한 바와 같이 3D 프린터로 제작된다. 이때 PLA 플랫폼(10)은 100 μm 정도의 두께로 형성할 수 있고, 일정한 면적을 갖는 시트 형상으로 제작된다.
- [0049] 이러한 PLA 플랫폼(10)은 유연성을 제공하면서도 생체 물질 기반을 가질 수 있도록 강력한 기계적 베이스를 제공하는 메쉬 구조로 구성되는 것이 바람직하다. 즉, 실시 조건에 따라 적절한 메쉬 구조를 설계할 수 있는 것이다. 예를 들면, PLA 플랫폼(10)의 메쉬는 기계 강도와 메쉬 크기에 대해 45도 각도와 0도 각도로 구성될 수 있으며, 100 μm 와 500 μm 사이에서 적절하게 형성할 수 있다. 롤링(rolling) 방향은 메쉬 구조 설계를 통해 미리 결정할 수 있다.
- [0050] 나노 섬유층(20)은 3D 인쇄된 PLA 플랫폼(10)에 전기 방사되는 방법으로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0051] 바이오 스캐폴드는 전체적으로 200 μm 정도의 두께를 가지도록 제작할 수 있고, 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이 3개의 층으로 구성된다. 100 μm 의 두께를 갖는 PLA 플랫폼(10)이 중앙에 위치하고, PLA 플랫폼의 양쪽면에 50 μm 의 두께를 갖는 PCL 기반 나노 섬유층(20)이 덮힌 구조로 배치된다.
- [0052] 이러한 바이오 스캐폴드는 FDM 타입 3D 프린터로 제작된 PLA 플랫폼(10)으로서 상당히 큰 사이즈의 바이오 스캐폴드를 제작하더라도 충분한 기계적 강도를 제공할 수 있게 된다. 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이 세포 파종 위치에 대해 펄토초 레이저를 사용하여 마이크로 웰(micro wells)을 형성할 수 있다.
- [0053] 그리고, PCL 나노 섬유층(20)은 도 4의 (c)에 도시된 바와 같이 형성되어 세포 성장 환경의 조성할 수 있게 된다.
- [0054] 다음은 상기한 나노 섬유의 물성 및 특성을 정리하면 다음과 같다.
- [0055] 세포 증식 및 세포 성장 환경을 위해, 6 wt% PCL을 6 wt% 콜라겐(collagen)과 혼합하여 구성할 수 있고, 이 PCL과 콜라겐 혼합물을 클로로포름과 메탄올의 비율이 7 : 3 인 용액에 녹여 구성할 수 있다. 추가로 나노 섬유의 크기가 균일해지도록 소량의 NaCl을 첨가하여 구성할 수 있다.
- [0056] 한편, 도 7을 참조하면, 전기 방사 장비(30)를 이용하여 나노 섬유층(20)을 형성할 때 노즐(41)과 PLA 플랫폼(10)이 위치되는 콜렉터 사이에 150mm의 거리를 갖도록 하고, 15kV의 전압을 제공했다. 이때 생성된 나노 섬유를 스캔 전자 현미경으로 관찰하였다.
- [0057] 이때, 도 5에 나타난 바와 같이, PCL과 콜라겐은 모두 균일하게 혼합되고, SEM 이미지에 의해 분리되게 관찰되지 않았다. 섬유 배향은 무작위로 형성되었고, 나노 섬유는 3D 인쇄된 PLA 플랫폼(10)의 표면에 완전히 접촉하여 형성되었다. PLA 플랫폼(10)으로 인해 다층 구조의 바이오 스캐폴드는 인장 강도 및 내구성뿐만 아니라 생체 적합성 세포 성장 환경을 포함하는 강력한 기계적 특성을 갖게 된다.

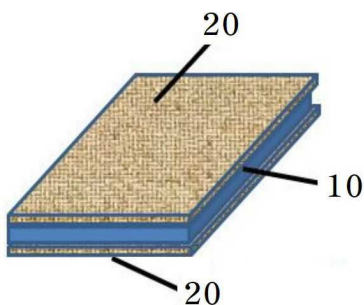
- [0058] 5kV보다 낮은 전압에서는 도 6의 (a)에서와 같이 많은 PCL 비드가 섬유와 혼합되었다. 그러나, 전압이 증가함에 따라, PCL 나노 섬유는 점차적으로 작아졌고, 더 적은 비드가 형성되었다.
- [0059] 15kV의 전압을 제공할 때 도 6의 (b)에서와 같이 가장 좋은 결과가 발견되었다. 이 전압의 전기장 설정에서 가장 균일하고 균질한 나노 섬유가 생성된 것이다. 나노 섬유의 평균 크기는 5kV, 10kV 및 15kV인 전압에서 각각 $3.2\mu\text{m}$, $2\mu\text{m}$ 및 $1.2\mu\text{m}$ 이었다.
- [0060] 용매 중의 PCL의 농도는 또한 나노 섬유의 크기에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그러나 농도는 공정에서 변화하기 쉽지 않았으며 예비 실험에서 6 중량 %로 고정되었다. 다른 TCD 및 유량과 같은 파라미터는 또한 섬유의 크기 및 균질성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있지만, 인가된 전압 및 농도와 비교하여 사소한 인자로 고려된다.
- [0061] 상기한 바와 같은 본 발명에 따른 전기 방사 기술과 3D 프린팅 기술을 결합한 하이브리드 바이오 스캐폴드는 보다 높은 기계적 강도와 더 나은 세포 성장 환경을 제공한다. 즉, 본 발명에 따른 바이오 스캐폴드는 PLA와 PCL + 콜라겐으로 만들어지며 생체 적합성 세포 성장 환경뿐만 아니라 높은 기계적 강도를 제공할 수 있다.
- [0062] 상기한 바와 같은, 본 발명의 실시예들에서 설명한 기술적 사상들은 각각 독립적으로 실시될 수 있으며, 서로 조합되어 실시될 수 있다. 또한, 본 발명은 도면 및 발명의 상세한 설명에 기재된 실시예를 통하여 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다. 따라서, 본 발명의 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

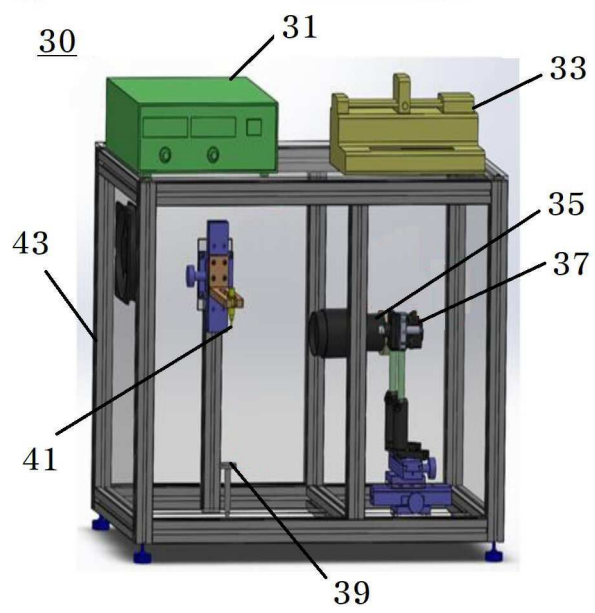
- [0063] 10 : PLA 플랫폼
20 : 나노 섬유층
30 : 전기 방사 장비
35 : 카메라
37 : 다이오드 레이저
41 : 마이크로 노즐

도면

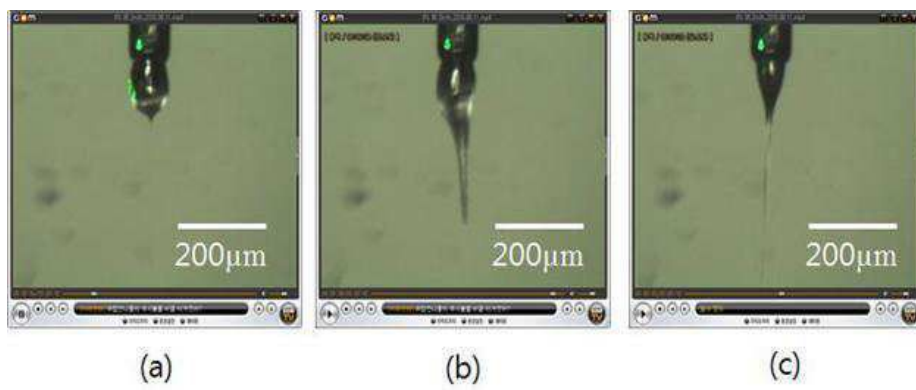
도면1



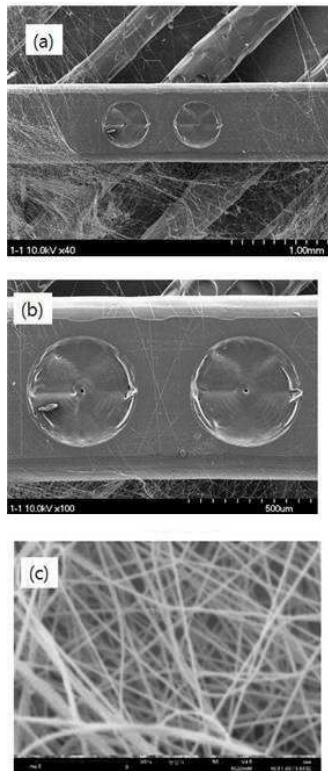
도면2



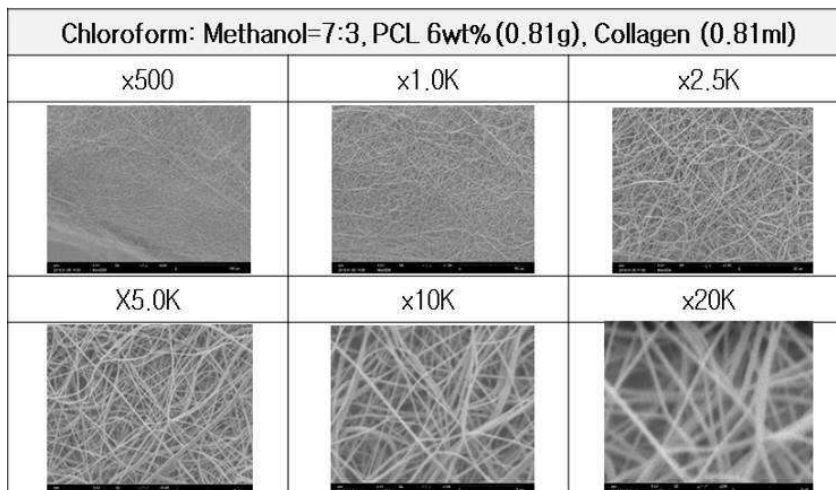
도면3



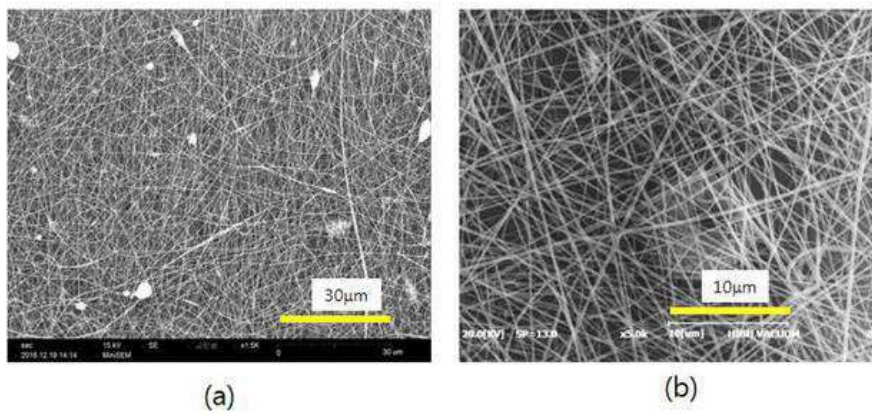
도면4



도면5



도면6



도면7

