

## 《 생명공학관련 영어 진로 세특 자료 추천 - 인공장기 》

하이에듀

주제	생명 공학관련 영어진로 세특 - 인공장기
가이드	<p>학생분께서 요청하신 영어세특 보고서 자료로 학생분이 희망하는 생명공학에 관련된 자료를 준비하였습니다. 최근에 많이 주목받고 있는 인공장기에 대한 자료로, 인공장기에 관한 영어 기사와 해당 기사의 번역본, 그리고 인공장기를 만드는 3D프린터와 이용되는 재료에 대한 내용과 같이 알아두면 좋을 바이오 잉크에 대한 자료를 첨부해 드립니다.</p> <p>장기이식 부족에 대한 문제 상황을 인식하여 인공장기를 주제로 영어 진로 세특 보고서를 정하여 해당 관련 기사를 찾아보고, 이에 관련된 생명공학 기술, 인공장기 및 바이오 잉크에 대한 기술에 대해 탐구한다는 흐름으로 작성하시는 것을 추천드립니다.</p> <p>인식한 문제점을 생명공학 기술에 대해 탐구하는 것과 최근에 많이 발전하고 있는 인공장기를 주제로 정함으로써 해당 분야에 대한 관심을 충분히 보여줄 수 있을 것 같습니다.</p>

### 서론

장기이식 대기 중 장기이식을 받지 못해 사망하게 된 환자가 늘어난다는 기사입니다. 기사 내용에 따르면 장기 이식 대기자는 점차 늘어나지만, 장기 기증자는 이에 비해 턱없이 부족하다는 내용을 다루고 있습니다. 이러한 문제 상황을 해당 기사를 통해서 접하였고, 이러한 사회적 문제에 대해 관심을 가지고 최근에 주목받고 있는 인공장기에 대해 관련된 탐구를 이어 나가게 되는 계기로써 해당 기사의 내용을 활용하시는 것을 추천드립니다.

- 장기이식 부족에 관련된 기사 내용 일부

#### 장기이식 대기중 하루 6.8명 숨지는데, 기증자는 늘지 않는다<sup>1)</sup> (2022-04-21)

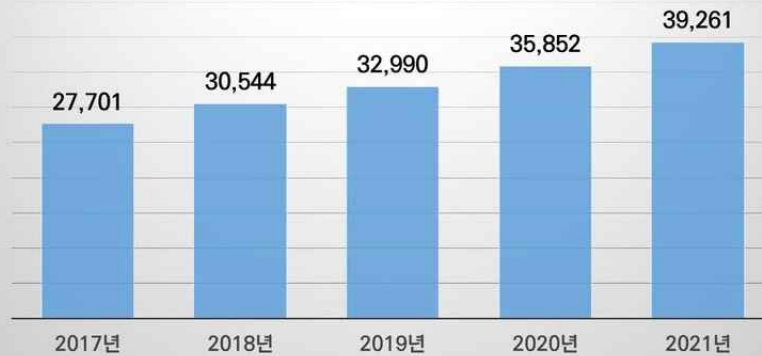
작년말 장기이식 대기환자 4만명 육박...신장 이식 대기기간 최장 6년

내에서 장기이식을 기다리다 숨지는 환자가 해마다 늘어나 하루 7명꼴에 이르는 것으로 나타났다. 하지만 뇌사 장기 기증자는 턱없이 부족해 장기 기증 활성화를 위한 실효성 있는 대책을 마련할 필요가 있다는 지적이 나온다.

21일 보건복지부와 국립장기조직혈액관리원, 한국장기조직기증원 등에 따르면 2021년 말 현재 우리나라에서 장기 이식을 기다리는 사람은 3만9천261명으로 4만명에 육박한다. 장기 이식 대기 환자를 연도별로 보면 2017년 2만7천701명에서 2018년 3만544명, 2019년 3만2천990명, 2020년 3만5천852명 등으로 해마다 꾸준히 늘고 있다.

## 장기이식 대기환자수 추이

출처 : 보건복지부, 국립장기조직혈액관리원,  
한국장기조직기증원 등



이렇게 이식 대기하다가 사망한 환자도 매년 증가하고 있다.

하루 평균 사망자 수로 따져보면 2017년 4.8명에서 2018년 5.2명, 2019년 5.9명, 2020년 6.0명, 2021년 6.8명 등으로 늘었다. 이식 대기 중 사망환자가 늘는 것은 이식 대기자가 증가하는 만큼 장기기증이 늘지 않기 때문이다. 실제로 연간 뇌사 장기기증자 수는 2016년 573명으로 정점을 찍은 후 2017년 515명, 2018년 449명, 2019년 450명 등으로 줄어들다 2020년 478명으로 소폭 반등했으나 2021년 442명으로 다시 떨어지는 등 감소·정체 추세다. 장기를 이식한다고 해도 평균 대기기간이 2020년 기준으로 3년 7개월에 달할 만큼 길다. 장기별로 보면 평균 대기기간이 신장이식은 2천189일(약 6년)이나 되며 췌장(1천553일), 심장(316일), 폐(238일), 간장(120일), 소장(97일)도 이식까지 한참 기다려야 한다. 장기 기증에 대한 사회적 인식은 꾸준히 개선되고 있지만, 실제로 기증을 희망한다고 등록한 사람은 옆길무질하며 그다지 늘지 않아 기증 문화 확산을 위한 대책이 필요한 상황이다.

### 본론 1 - 인공장기에 대한 영어 기사

첨부해드린 자료는 위의 서론에서 인식한 문제에 대한 해결책으로 인공장기에 대한 영어 기사입니다. 문제에 대해 인공장기에 대한 영어 기사를 읽고, 번역 및 관련된 탐구를 진행한다는 내용으로 영어 세특 및 진로 보고서를 작성하시는 것을 추천드립니다.

첨부한 부분은 기사의 내용 중 의학용 3D프린터가 기존의 3D프린터와 다른 점을 재료의 관점에서 중요하게 다루고 있고 인공장기를 생산하는 방법을 3가지 절차로 나누어 설명하고 있습니다. 뿐만 아니라 해당 영어 기사에서는 여러 장기를 예시로 들며 어떤 재료로 어떻게 장기를 만들어내는지 설명이 나와있으므로 관심있으시면 전문을 보시는 것을 추천드리나 첨부한 내용만 사용하여도 무방할 것 같습니다.

-영어 기사 본문

3D Printed Organs: The Future of Organ Transplantation? 2)

<p>본문</p> <p><b>-3D printing for organ transplantation</b></p> <p>The main areas where 3D printing can be adopted in medicine are the production of pharmaceuticals and transplants. In the case of artificial organ and tissue production, 3D bioprinters are used instead of typical 3D printers.</p> <p>The 3D bioprinters differ from conventional 3D printers in the spectrum of the inks that they are able to print. For example, basic 3D printers can only print using synthetic/chemical materials, such as polymers, plastics, ceramics, metals, and composites. However, 3D bioprinters are capable of printing biomaterials – live cells or cellular material, usually mixed in with polymers. This feature allows scientists to artificially create far more realistic tissue/organ structures.</p> <p><b>Whole artificial tissue/organ construct production can be divided into three main phases:</b></p> <p><b>1. Computer modeling.</b></p> <p>Damaged tissues or organs that need to be replaced are layer by layer scanned using computed tomography, magnetic resonance, or other imaging techniques. The digital images are then reconstructed into a 3D model. Finally, the model's data is converted to a digital language called standard</p>	<p>-장기 이식을 위한 3D 프린팅</p> <p>3D 프린팅이 의학에 채택될 수 있는 주요 분야는 의약품 생산과 이식이며, 인공 장기 및 조직 생산의 경우 일반적인 3D 프린터 대신 3D 바이오 프린터가 사용됩니다.</p> <p>3D 바이오 프린터는 인쇄할 수 있는 잉크의 스펙트럼이 일반적인 3D 프린터와 다릅니다. 예를 들어, 기본적인 3D 프린터는 폴리머, 플라스틱, 세라믹, 금속 및 복합 재료와 같은 합성/화학 재료를 사용하여 인쇄할 수 있습니다. 그러나 3D 바이오 프린터는 보통 폴리머와 혼합되는 살아있는 세포 또는 세포 재료와 같은 바이오 재료를 인쇄할 수 있습니다. 이 기능은 과학자들이 훨씬 더 현실적인 조직/장기 구조를 인공적으로 만들 수 있도록 합니다.</p> <p><b>전체 인공 조직/장기 구성 생산은 세 가지 주요 단계로 나눌 수 있습니다:</b></p> <p>1. 컴퓨터 모델링.</p> <p>교체가 필요한 손상된 조직 또는 장기는 컴퓨터 단층 촬영, 자기 공명, 또는 다른 영상 기술을 사용하여 층별로 스캔됩니다. 디지털 이미지는 3D 모델로 재구성됩니다. 마지막으로 모델의 데이터는 3D 프린터가 해석할 수 있는 표준 테셀레이션 언어 (STL)라고 불리는 디지털 언어로 변환됩니다.</p>
--	--

<p>tessellation language (STL), which 3D printers can interpret.</p> <p><b>2. Printing.</b></p> <p>Firstly, the desired bio-ink is prepared. For that purpose, cells are isolated from the patient. After isolating them, they are grown in a laboratory in a specially-adapted artificial environment. When the required number of cells have grown, they are mixed with polymers to obtain the suitable bio-ink, which has similar biological properties as the targeted tissue or organ. The bio-ink is then transferred to the printer cartridge, and finally, the previously prepared STL data is used to print out the 3D model.</p> <p><b>3. Post-printing processing.</b></p> <p>Usually, the manufactured products are not directly transplanted into the organism immediately after printing. This is because the printed organ/tissue constructs need to mature to become as similar as possible to the organs or tissues they are meant to replace. Therefore, after printing, the products are placed in a bioreactor where they grow for a month or more to withstand the necessary mechanical forces after transplantation and to perform at least the minimum functions required of the targeted organ/tissue.</p>	<p>2. 인쇄.</p> <p>먼저, 원하는 바이오 잉크가 준비됩니다. 그 목적을 위해, 세포는 환자로부터 분리됩니다. 그들을 분리한 후, 그들은 특별히 적응된 인공 환경에서 실험실에서 자랍니다. 필요한 세포의 수가 증가하면, 그들은 목표로 하는 조직 또는 장기와 유사한 생물학적 특성을 갖는 적합한 바이오 잉크를 얻기 위해 폴리머와 혼합됩니다. 바이오 잉크는 그리고 나서 프린터 카트리지로 전달되고, 마지막으로, 이전에 준비된 STL 데이터는 3D 모델을 출력하기 위해 사용됩니다.</p> <p>3. 인쇄 후 처리.</p> <p>일반적으로, 제조된 제품은 인쇄 직후에 유기체에 직접 이식되지 않습니다. 이는 인쇄된 장기/조직 구성물이 교체되어야 하는 장기 또는 조직과 가능한 한 유사해지려면 성숙되어야 하기 때문입니다. 따라서, 인쇄 후에, 제품은 이식 후에 필요한 기계적 힘을 견디고 적어도 대상 장기/조직에 요구되는 최소한의 기능을 수행하기 위해 한 달 이상 성장하는 생물반응기에 배치됩니다.</p>
--	--

**본론 2 - 인공장기를 만드는 3D프린트 기술**  
해당 자료는 인공장기를 제작하는데 필요한 기술에 대해 연구한 자료를 설명한 자료입니다. 영어 기사를 통해 인공장기라는 생명공학 기술에 관심을 가지게 되고, 여기에 쓰이는 탈세포화 공법, 바이오 잉크에 대해 소개하는 자료이니 추가적인 탐구 자료로 사용하시는

것을 추천드립니다.

-3D 프린터로 만드는 인공장기<sup>3)</sup>

**3D 바이오프린팅이란** 조직과 장기의 복잡한 3차원 구조를 3D 프린팅 기술을 사용하여 적층 방식으로 재현하는 기술을 말합니다. 기존의 3D 프린팅 기술에서 생체를 구성하는 세포와 생체 적합성 재료를 사용하여 프린팅하는 것이지요. 뼈, 치아와 같은 단단한 조직의 경우에는 CT나 MRI 기반의 의료 영상 정보를 바탕으로 환자 맞춤형 인공 지지체를 제작할 수 있습니다.

1. 안면 결손 부위에 대한 모델링 및 안면골 재건용 인공지지체를 제작

실제로 2014년 본 연구팀은 국내에서 세계 최초로 3D 바이오프린팅 기술과 환자의 CT 데이터를 바탕으로 안면 결손 부위에 대한 모델링 및 안면골 재건용 인공지지체를 제작한 후 성공적으로 이식한 경험이 있습니다.

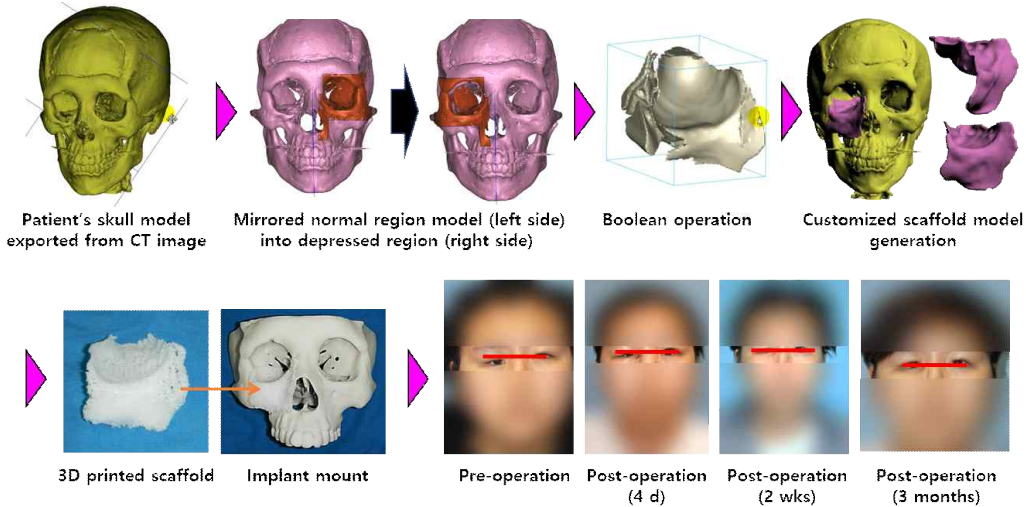


그림 2 안면 기형 재건을 위한 3D 프린팅 기반 환자 맞춤형 인공지지체의 개발 및 이의 임상 적용 ©포항공과대학교

2. 세포같은 생물학적 소재 기반

실제 세포 및 생물학적 소재를 기반으로 인공 심장, 혈관, 피부 등을 제작할 수도 있습니다. 대표적인 사례로는 3D 바이오프린팅을 활용하여 이식이 가능한 투명 인공 각막과 체외 테스트용 인공 피부를 제작한 것입니다.

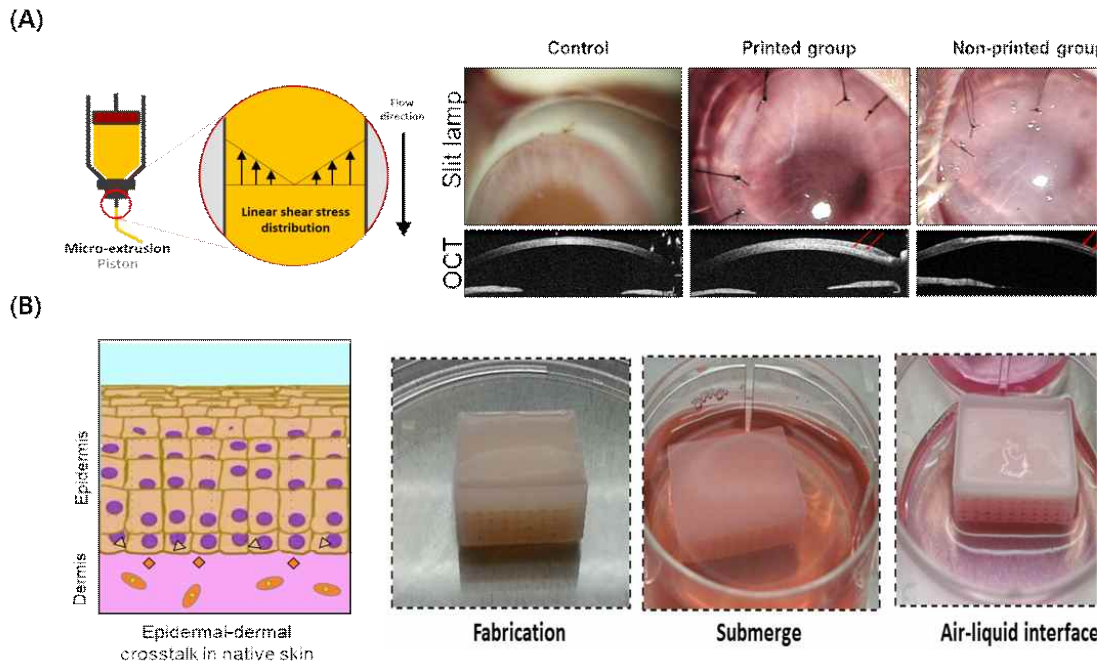


그림 3 3D 세포프린팅의 전단응력을 활용하여 이식 가능한 투명 인공 각막 제작 (A)과 3D 프린팅 기반 인공 피부 제작 (B) ©포항공과대학교

### 3. 인공장기 제작에 쓰이는 바이오 잉크

보철물이나 인공지지체를 제작할 때는 생체적합성 소재(Polycaprolactone, PEVA 등)를 이용하지만, 간, 심장, 혈관과 같은 인공 조직/장기를 개발할 때는 세포를 생존할 수 있게 해주는 바이오잉크를 사용해야 합니다. 바이오잉크는 실제 조직/장기의 물리적 성질과, 탑재된 세포가 목적된 기능을 수행하기 위한 생물학적 환경을 제공해주어야 하고, 3D 바이오프린팅을 통해 가공이 가능해야 합니다.

따라서 최근에는 동물 유래의 실제 조직/장기에서 세포를 제거하고, 조직/장기를 이루는 단백질 성분만 남겨 바이오잉크를 제작하는 탈세포화 공법에 대한 연구가 진행 중입니다. 탈세포화 공법을 통해 만든 바이오잉크는 실제 각 조직/장기의 물리적 특성뿐만 아니라 생물학적 특성 역시 재현할 수 있어, 조직/장기의 모사도를 향상시키는데 큰 도움이 됩니다. 현재 세계적으로 탈세포화 바이오잉크에 대한 연구가 각광받고 있습니다. 우리 연구팀은 간, 각막, 뇌, 혈관, 피부 등 각 조직/장기 맞춤형 바이오잉크를 개발하여, 프린팅 적용 가능성과 이를 통해 제작한 인공 조직의 조직 재생 성능을 확인한 적이 있습니다.

#### 본론 3 - 인공장기 제작에 필요한 바이오 잉크

해당 자료는 인공장기를 프린트 하기 위해 필요한 재료인 바이오 잉크에 대한 자료입니다. 바이오 잉크의 특징과 바이오 잉크로 만들어진 장기가 인체 내에서 안정적으로 역할을 하기위해 어떤 특성을 가져야 하는지에 대한 특징 및 현재 상용화 된 바이오 잉크에 대한

자료입니다. 해당 자료를 통해, 인공장기에 깊이 있는 탐구를 진행할 수 있으며, 생명공학에 대한 관심을 충분히 보여 줄 수 있을 것 같습니다.

추가로 본문에 첨부된 내용 이외에 단백질, 다당류 바이오 잉크 등 더 많은 내용이 있으니 관심있으시다면 본문을 들어가서 보는 것도 추천드립니다.

-바이오 잉크 4)

### 1. 바이오잉크

바이오잉크는 살아있는 세포 혹은 바이오 분자를 포함하며, 바이오프린팅 기술에 응용하여 필요로 하는 구조물을 제작할 수 있는 소재를 통칭하는 용어이다. 따라서 바이오잉크는 3차원 가공을 위한 물리적 성질과 세포가 목적된 기능을 수행하게 하기 위한 생물학적 환경을 제공하여 주어야 한다. 바이오 잉크는 우선 우수한 세포 친화성을 가져야 한다. 인공 조직 및 장기 재생의 경우는 프린팅된 세포의 증식 및 분화에 유리한 생물학적 환경이 바이오잉크로부터 주어져야한다.

프린팅 공정이 길어질 때는 카트리지 내에서 세포의 생존에 필요한 영양분과 산소의 공급이 적절히 이루어져야 한다. 또한, 프린팅 과정에서 발생하는 물리적 스트레스로부터 세포를 보호할 수 있어야 한다. 그 외에도 바이오잉크는 3차원 패터닝의 반복성, 생산성, 노즐의 막힘이 없어야 하는 등 프린팅 공정상에서 필요로 하는 물리적 성질을 가져야 한다. 이처럼 살아 있는 세포를 이용하는 3D 바이오프린팅 기술이 요구하는 잉크가 가져야 할 특성은 매우 다양하며 서로 복잡하게 얽혀 있다. 우수한 바이오잉크 기술의 개발은 우수한 바이오프린팅 기술 개발의 핵심이라 할 수 있다.

### 2. 바이오잉크의 특성 - 생물활성

바이오잉크는 인쇄적성 외에 세포의 생존력을 향상하고, 나아가 세포의 부착, 성장과 이주 그리고 분화를 촉진하는 특성을 가져야 한다. 즉 바이오잉크는 세포적합성과 생물 활성을 가지고 있어야 한다. 바이오잉크는 프린팅 프로세스 동안 열과 전단응력에 노출되어 바이오잉크 안의 세포는 생존력이 낮아지게 된다. 천연 유래 바이오잉크들(collagen, Matrigel, hyaluronic acid 등)은 대체로 세포적합성과 생물 활성이 좋은 장점이 있다. 전단감소특성과 낮은 열전도를 갖는 수화젤과 같은 바이오잉크는 세포의 생존력을 향상한다. 기존의 프린팅 프로세스(압출기반, 잉크젯기반, 레이저기반 프린팅 프로세스)에서 바이오잉크의 세포 생존력은 80-95% 정도이다. 한편 바이오잉크는 세포의 생존력 외에 세포의 성장, 이주, 분화까지 조절하는 특성을 가져야 대체하고자 하는 인체의 조직과 기관과 같은 기능을 할 수 있다.

바이오잉크	재료	특징	국가
Gel4Cell® Gel4Cell®-BMP Gel4Cell®-VEGF Gel4Cell®-TGF	GelMA(Gelatin methacryloyl) BMP-2 성장 인자 VEGF 성장 인자 TGF 성장 인자	광경화성 젤화 골유도성 혈관생성 연골생성	한국
CELLINK A CELLINK A-RGD CELLINK GelMA CELLINK Bone CELLINK CollMAGel	Alginate Alginate/RGD Gelatin methacryloyl 칼슘/뼈/인 Collagen methacryloyl	칼슘이온 젤화 세포부착성/칼슘이온 젤화 광경화성 젤화 뼈 재생 뼈유도성/광경화성 젤화	스웨덴
Bioink™ Osteoink™	PEG/gelatin/hyaluronic acid 인산칼슘 페이스트	골유도성	스위스
Bio127 BioGel	Pluronic® F127기반 Gelatin methacryloyl DM=50%	온도감응성 젤화(솔-젤) 광경화성 젤화	미국
GelMA25% GelMA50% GelMA75% GelMA100% GelMA125%	Gelatin methacryloyl	광경화성 젤화 다양한 degree of methacryloylation (DM)	중국



### 3. 상품화된 바이오잉크들

상품화된 바이오잉크들은 천연물질로 유래한 CollagenMA (collagen methacryloyl), GelMA (gelatin methacryloyl), alginate, HAMA (hyaluronic acid methacrylate) 등이 있으며 화학적으로 합성한 바이오잉크로는 온도감응성 고분자인 Pluronic®, Calcium phosphate(인산칼슘), PEGDA (poly(ethylene glycol) diacrylate) 등

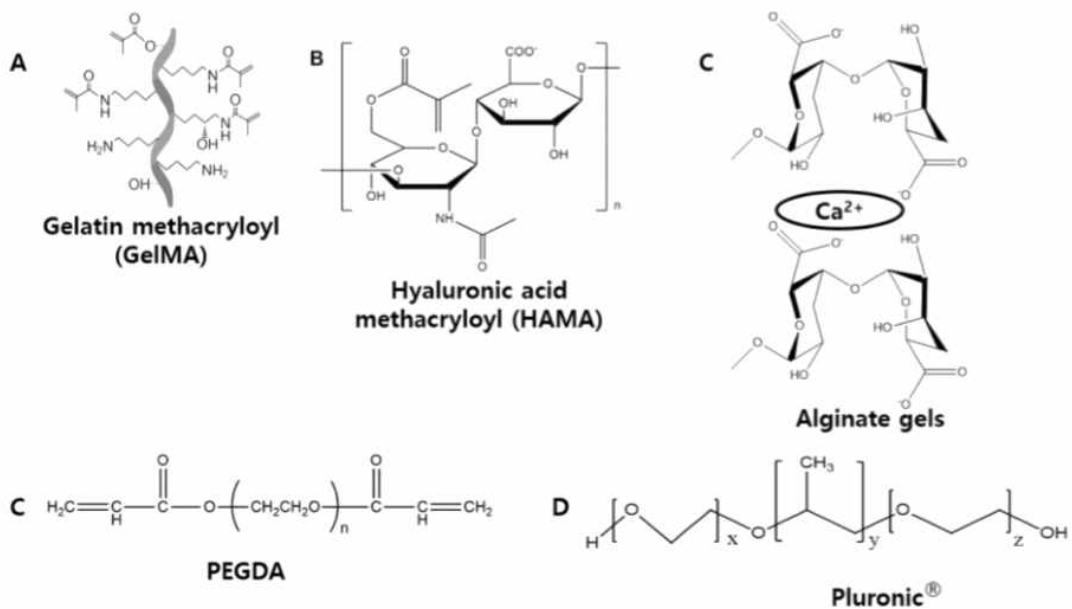


그림 3. 대표적인 바이오잉크들의 화학 구조



#### 4. 바이오 잉크 기술이 극복해야 할 과제

3D 바이오 프린팅은 조직공학, 재생의약, 그리고 제약 분야에서 활용될 수 있는 미래의 핵심 기술이다. 아직은 해결되어야만 하는 기술적 난제가 다수 존재한다.

바이오잉크는 기본적으로 인쇄적성, 프린트된 구조물의 구조적 안정성을 줄 수 있는 젤화 특성, 그리고 세포 상호간 그리고 세포와 잉크간의 상호작용, 구조체 안의 혈관화, 세포의 분화를 조절할 수 특성을 가져야 한다. 하지만 현재까지 이와 같은 조건들을 완벽하게 만족하는 바이오잉크는 없다. 먼저 생체의 마이크로 구조를 모방하기 위한 프린팅 기술의 분해능이 충분하지 못하다. 여러 연구를 통하여 수십  $\mu\text{m}$ 의 고 분해능프린팅 기술이 소개된 바 있다. 그러나 대부분 2차원에서의 결과이며, 3차원 프린팅에서는 대체로 100 $\mu\text{m}$  정도로 보는 것이 적당 하다. 분해능의 향상을 위해서는 프린팅 과정에서 발생하는 물리적 스트레스를 바이오잉크가 최소화 시켜줘야 한다. 이를 위하여 여러 연구자들이 유동에서 전단 감소 현상을 가지는 의가소성 유체 (pseudo-plastic fluid)의 특성을 가지는 바이오잉크 개발에 관심을 두고 있다. 그리고 긴 공정 시간 동안 바이오잉크에 포함된 세포가 괴사하지 않도록 방지하여 주어야 한다. 또한, 바이오잉크는 특정 조직으로의 분화에도 좋은 생물학적 환경을 제공하여야 한다.

#### 결론

학생분께서 요청하신 영어 진로세특 보고서 주제로 3D 프린터를 이용한 인공장기에 대한 자료를 첨부해 드렸습니다. 최근 3D프린터 기술과 더불어 바이오 잉크에 대한 많은 발전으로 빠르게 발전하고 있는 생명공학 분야이기도 하며, 장기이식의 부족에 대한 인식이 커지면서 더욱 더 주목 받고 있는 분야이기에 해당 주제를 추천드렸습니다.

영어 세특인 만큼 이론적인 내용까지 완벽하게 기재하거나, 이해할 필요는 없지만, 해당 기술에 대한 중요 키워드의 의미는 확실하게 이해하시고, 가이드에 안내한대로 탐구하시는 것을 추천드립니다. 바이오 잉크나, 생물 활성같은 핵심적인 키워드 이외에도, 세포적합성이나 세포 분화 등 생명과학과 관련 있는 내용들이 많이 있으니 이런 부분들도 놓치지 않고 같이 공부 및 이후 다른 과목에서 더 자세하게 탐구하게 된다면 생명공학 진로에 대한 관심을 충분히 나타낼 수 있기에 추천드립니다.

---

1) <https://www.yna.co.kr/view/AKR20220420080100501>

2) <https://healthnews.com/health-conditions/genetic-disorders/3d-printed-organs-the-future-of-organ-transplantation/>

3) <https://www.sciencetimes.co.kr/news/3d-%ED%94%84%EB%A6%B0%ED%84%B0%EB%A1%9C-%EB%A7%8C%EB%93%9C%EB%8A%94-%EC%9D%B8%EA%B3%B5%EC%9E%A5%EA%B8%B0/>

4) <http://www.incodom.kr/%EB%B0%94%EC%9D%B4%EC%98%A4%EC%9E%89%ED%81%AC>