



J5 Digital Anatomy™ Printer

기술 응용 가이드

J5 Digital Anatomy™ Printer(J5 DAP)는 비교 불가한 정확성, 사실성 및 기능성을 갖춘 모델을 만듭니다. 이러한 모델은 실제 해부학적 구조처럼 보일 뿐만 아니라 정확한 생체 역학적 동작도 제공합니다. 이러한 사실성으로 인해 외과 의사 교육, 의료 기기 개발 과정에서 테스트 수행, 신제품 개발 프로젝트를 위한 신속

프로토타입 제작, 의사 교육, 의사와 환자 간의 의사소통 지원 및 치료 결과 개선에 적합합니다.

J5 DAP의 추가적인 장점으로서는 몇 가지만 예를 들자면 비용 절감, 시체 및 동물 실험 대체, 환자 결과 개선 등이 있습니다.



목차

애플리케이션	3
J5 Digital Anatomy Printer 재료	4
프로세스 개요 - 해부학적 모델 만들기	5
GrabCAD로 프린트	6
해부학 모델 제작 지침	9
문제 해결 팁	29



애플리케이션

고유하면서 정교한 복셀 기반 엔진을 사용하여 다양한 구조의 고유한 재료를 혼합하는 J5 Digital Anatomy Printer는 다양한 분야에 이점을 제공합니다.

심장 애플리케이션

규정 준수를 유지하고 사실대로 복제하는 내구성이 우수한 심장 모델을 만들 수 있습니다. 해부학적으로 정확한 구조 덕분에 절단, 봉합 및 패치 시술은 물론 기기 삽입 및 배치까지 가능하여 유용한 학습 및 개발 도구가 될 수 있습니다.

혈관 애플리케이션

혈관 애플리케이션은 실물을 모방하고 정밀한 임상 절차 시뮬레이션을 지원합니다. 가이드 와이어와 카테터를 혈관 모델에 삽입하고 판막, 이식 및 폐쇄 기기를 배치할 수 있습니다. 활성 흐름 루프를 사용하면 실제 혈류를 모사할 수 있습니다. 환자별 모델을 사용하여 굴곡이 있는 해부학적 구조를 다루는 법을 연습할 수 있습니다. 석회화를 모사하고 형광 투시를 통해 이를 확인할 수 있습니다.

일반 해부학 애플리케이션

간, 피하 지방 또는 결합 조직과 같은 기관을 모방하는 기능적 모형을 제작할 수 있습니다. 피포성 종양과 비피포성 종양을 복제할 수 있습니다. 종양 절제를 시뮬레이션하고 기구의 사실적인 촉감 피드백을 경험할 수 있습니다.

근골격계 애플리케이션

인대 및 신경근과 함께 뼈와 연조직 모두 포함된 복잡한 모델을 만들 수 있습니다. 뼈 밀도를 조절하여 건강한 뼈와 골다공증 뼈를 모방할 수 있습니다. 복수 제거, 확공, 척추 정렬, 경추경 나사 삽입과 같은 임상 절차를 재현할 수 있습니다.

방사선 불투과성 애플리케이션

유사한 생체 역학적 동작으로 실제 해부학적 구조처럼 보일 뿐만 아니라 CT 스캔에서도 같은 결과를 제공하는 모델을 프린트할 수 있습니다. 원하는 방사선 불투과성 수준(HU 값)을 얻을 수 있도록 재료 혼합물을 선택하고 반복 가능하고 정확한 결과로 프린트할 수 있습니다.

재료

혁신적인 재료는 이러한 정교한 해부학적 모델을 실물과 똑같이 만듭니다. 정밀하고, 사실적이고, 기능적인 재료로 실물의 외관, 느낌 및 동작을 구현할 수 있습니다. 간단히 4가지 독점 재료 중에서 선택하거나 전체 PolyJet 재료를 선택할 수 있습니다.

또한 디지털 젤 형태의 서포트 재료를 사용하면 혈관 후처리를 빠르고 쉽게 수행할 수 있습니다. 내부 직경과 벽 두께가 최소 1.0mm인 작은 혈관과 같은 복잡한 구조에서도 번거로운 작업 없이 이 재료를 제거할 수 있으므로 후처리가 빠르고 쉽습니다.

복잡한 멀티 텍스처 구조를 제작할 수 있습니다. Digital Anatomy Printer에서만 사용할 수 있는 새로운 4가지 재료를 조합하여 100여 가지가 넘는 고유한 디지털 재료를 만들 수 있습니다. 다양한 조직 특성 중에서 선택하여 미세한 해부학적 세부 사항을 모델에 통합할 수 있습니다. J5 Digital Anatomy Printer의 고유한 복셀 기반 엔진은 모델의 상세한 해부학적 구조를 자동으로 생성하므로 외관과 느낌이 실제와 유사합니다.

J5 DAP는 기기 제조업체, 세계적인 연구 기관, 병원 및 의료진과 협력하여 개발된 일련의 해부학 애플리케이션으로 사전 프로그래밍되어 제공됩니다.





J5 Digital Anatomy Printer 재료

J5 Digital Anatomy Printer 플랫폼은 인체 조직 모방에 사용할 수 있는 4가지 고유한 재료를 제공합니다.

GelMatrix™

젤 형태의 서포트 재료로, 내부 직경과 벽 두께가 최소 1.0mm인 작은 혈관 모델에서 쉽게 제거할 수 있습니다. GelMatrix는 간 및 피하 지방과 같은 연조직을 모방하는 데에도 사용됩니다.



TissueMatrix™

심장 조직의 모양과 느낌을 복제하는 데 적합한 매우 연한 반투명 재료입니다. 방사선 불투과성이 낮은 모델을 만들어 CT/X-Ray 스캔에서 연조직을 모방할 수 있습니다.



BoneMatrix™

강하지만 어느 정도 유연한 재료입니다. 이 재료는 인간의 뼈와 같은 생체 역학적 동작으로 천공과 해부에 사용할 수 있는 정형 외과 모델을 만드는 데 유용합니다.



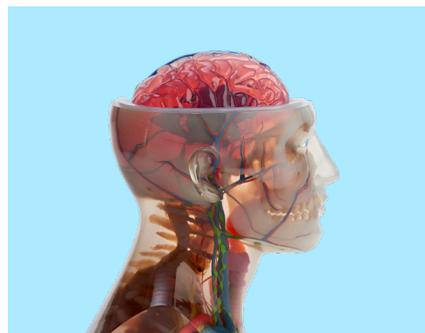
RadioMatrix™

CT/X-ray에서 볼 수 있도록 방사선 불투과성이 향상된 재료입니다. 스캐너에서 사실적인 시뮬레이션에 사용됩니다. 다양한 PolyJet 재료도 J5 Digital Anatomy Printer에서 사용할 수 있으므로 다음을 포함하여 이전에는 볼 수 없었던 시각화 수준을 달성할 수 있습니다.



Vero™ Family Vivid

해부학적 구조를 서로 구별하는 데 사용되는 다색 재료입니다.



VeroUltra™ Family

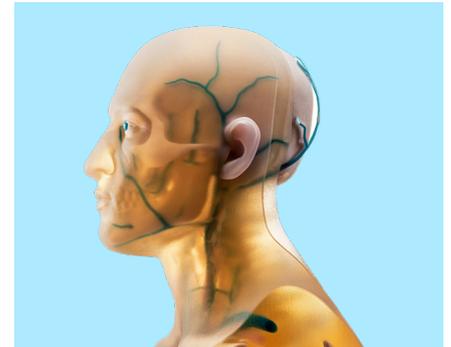
외관과 기계적 특성이 향상된 단단한 재료입니다. 검정색, 흰색, 투명색으로 제공됩니다.

DraftWhite™

다양한 의료 분야에 사용되는 단단한 흰색 재료입니다.

Elastico™

파손 및 인열 저항에 대한 신율이 향상된 유사 고무 재료입니다. 투명색과 검은색으로 제공됩니다.



생체 적합성 재료

여기에는 생체 적합성과 멸균에 대한 ISO 인증을 획득한 MED610, MED615, 그리고 MED Digital ABS가 포함됩니다.





프로세스 개요 - 해부학적 모델 만들기

환자별로 정확한 해부학적 모델은 다양한 의료 영상 기법에서 파생될 수 있습니다. 가장 일반적인 의료 영상 기법은 컴퓨터 단층촬영(CT) 및 자기공명영상(MRI)입니다. 영상 기법은 별도로 고려해야 합니다.

CT 및 MRI 스캔은 전신 영상부터 종양이나 뇌의 특정 부분과 같은 관심 영역에 이르기까지 생물학적 특징을 영상화하는 데 널리 사용됩니다. 영상 기법에 따라 다양한 특성을 관찰할 수 있습니다. CT 픽셀 강도는 조직 방사선밀도와 직접적인 상관관계가 있습니다. 따라서 이 기법은 뼈(고밀도) 또는 폐(저밀도)와 같은 구조를 분할하는 데 적합합니다. MRI는 뛰어난 연조직 대비를 제공하므로, 예를 들어 뇌의 백질과 회백질을 구별할 수 있게 해줍니다.

적절한 이미지를 획득하면 관련 해부학적 구조를 분할하거나 격리하는 작업을 수행해야 합니다. 이 단계에는 제안된 모델을 개별 셀로 분리하는 작업이 포함됩니다. 각 셀은 고유한 기계적 특성을 갖고 있으며 서로 다른 기관이나 조직을 나타냅니다. 다음 차트에서는 이미지 획득부터 프린트에 이르기까지 3D 프린트 프로세스의 단계를 간략하게 보여줍니다.

참고: DICOM 이미지에서 STL 파일을 내보낼 때 삼각형 축소 기능을 사용하여 매우 큰 파일 크기를 줄이는 것이 좋습니다. 파일 크기를 줄이는 방법을 알아보려면 DICOM to STL 소프트웨어 설명서를 참조하십시오.



표 1에는 다양한 분할 소프트웨어 옵션과 각 옵션의 기능이 나와 있습니다.

표 1: 분할 소프트웨어 목록

이름	DICOM 가져오기	3D 시각화	STL 만들기	STL 수정	STL 편집	FDA 승인*	임계값 설정	자동 분할	무료
OsiriX	✓*	✓*							✓*
In Vesalius	✓*	✓*	✓*	✓*			✓*	✓*	✓*
ITK SNAP	✓*	✓*	✓*				✓*	✓*	✓*
Mimics	✓*	✓*	✓*	✓*	✓*		✓*	✓*	
Mimics InPrint	✓*	✓*	✓*	✓*	✓*	✓*	✓*	✓*	
Vitrea	✓*	✓*	✓*				✓*	✓*	
Seg3D	✓*	✓*	✓*				✓*	✓*	✓*
3Dslicer	✓*	✓*	✓*				✓*		✓*
DeVIDE	✓*	✓*	✓*				✓*	✓*	✓*
TurtleSeg	✓*		✓*						✓*

* 특정 FDA 승인을 확인하려면 소프트웨어 제조업체 라벨을 확인하십시오.



GrabCAD로 프린트

a. J5 Digital Anatomy Printer 플랫폼을 선택합니다. 템플릿이거나 IP 번호를 사용하는 특정 프린터일 수 있습니다(그림 1).

b. 적절한 재료가 프린터에 적재되었는지 확인합니다(그림 2). 각 해부학 계열에 맞는 특정 재료를 사용할 수 있어야 합니다(표 2).

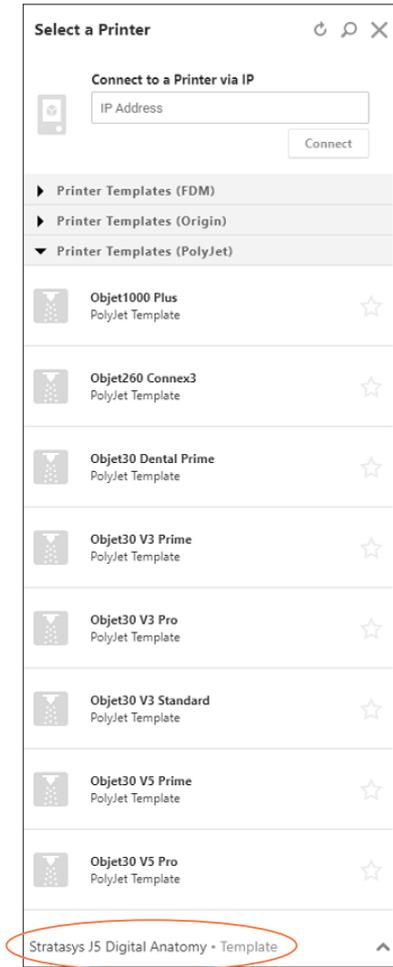


그림 1: GrabCAD에서 프린터 선택

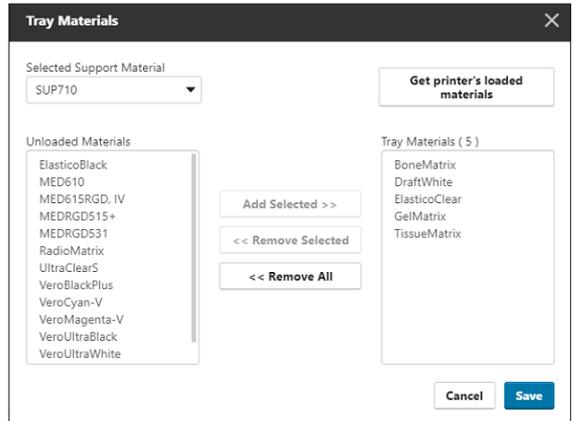
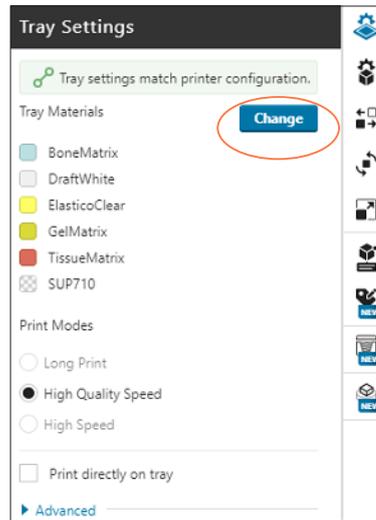


그림 2: 트레이 재료 적재

표 2: 각 해부학 계열에 필요한 재료

해부학 계열	필수 재료
혈관	ElasticoClear
일반 해부학	ElasticoClear, TissueMatrix
근골격계	BoneMatrix, Vero 재료 하나
방사선학	RadioMatrix, Vero 재료 하나
구조적 심장	ElasticoClear, TissueMatrix



- c. 모델을 트레이에 적재하려면 화면 왼쪽 상단에 있는 파일 메뉴를 사용합니다. 파일을 단일 셀 모델로 추가하거나 파일 여러 개를 어셈블리 하나로 추가할 수 있습니다(그림 3).

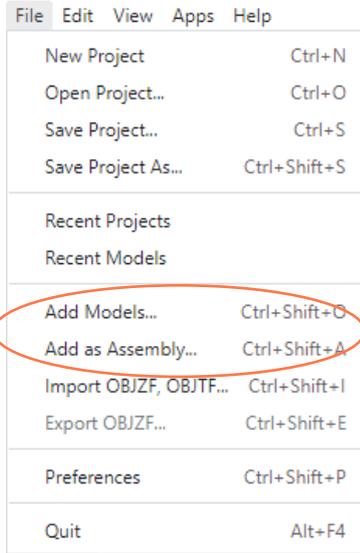


그림 3: 트레이에서 모델 적재

- e. "Model Analysis"(모델 분석) 옵션을 사용하여 파일에서 모델에서 겹치는 삼각형, 역법선 또는 구멍과 같은 결함을 수정합니다. 이 도구는 프린트를 준비하고 모델 품질이 좋은지 확인하는 데 도움이 됩니다(그림 5). 수정해야 하는 모델은 빨간색 원으로 표시됩니다. 이 옵션은 프린트물을 보내는 데 필수는 아니지만 일부 기능을 사용하려면 수정된 모델이 필요합니다. 이는 문서 전반에서 강조 표시됩니다.

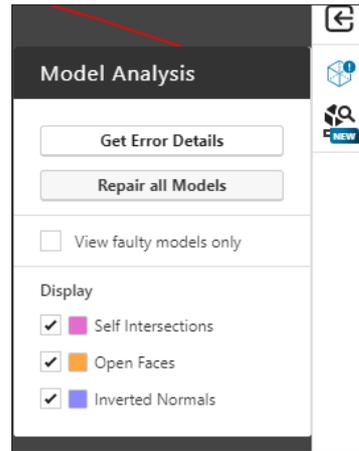


그림 5: 모델 수정

- d. 어셈블리를 사용할 경우 서로 다른 부품 간의 우선순위를 확인해야 합니다. 어셈블리에 겹치는 부분이 있을 때 중요합니다(그림 4). 우선순위를 변경하려면 해당 부분을 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭합니다. 1번이 우선순위가 가장 높습니다.

- f. "Orient"(방향) 탭을 사용하여 수동으로 선택하거나 "Arrange"(정렬) 탭을 사용하여 자동으로 선택하여 트레이에서의 모델 방향을 지정할 수 있습니다(그림 6).

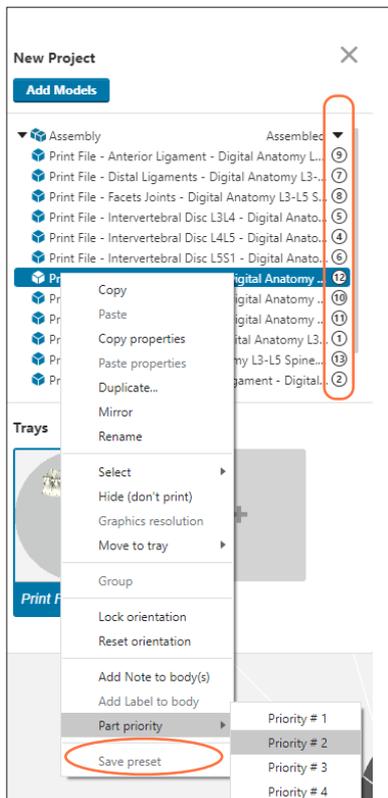


그림 4: 어셈블리의 우선순위

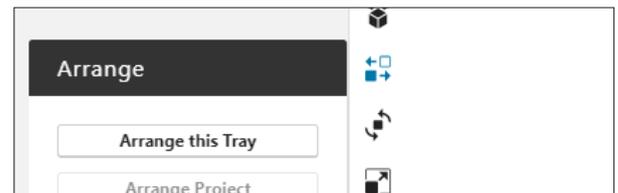
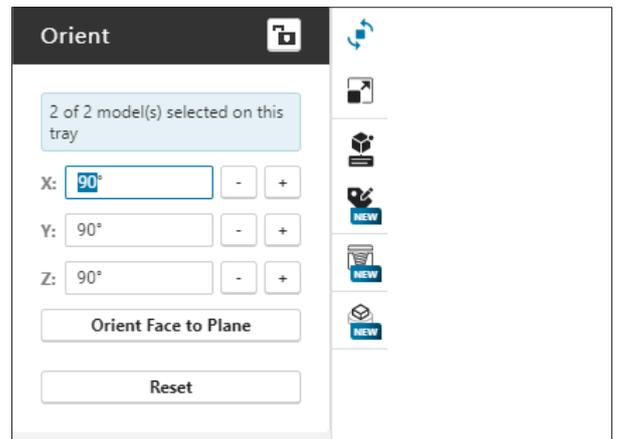


그림 6: 방향 지정 옵션



- g. Scale(배율) 탭을 사용하여 모델 크기를 변경할 수 있습니다. "Uniform Scaling"(균일 확장) 상자를 선택 취소하면 확장을 균일하게 또는 축별로 수행할 수 있습니다(그림 7).

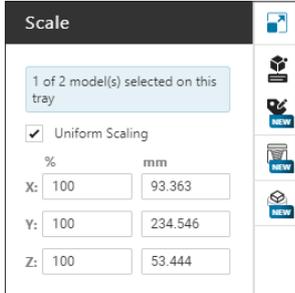


그림 7: 모델 확장

참고: 어셈블리는 균일하게만 확장될 수 있습니다.

- h. "Model Settings"(모델 설정) 탭에서 "Anatomy Model Type"(해부학 모델 유형)을 선택합니다. 드롭다운 메뉴에서 해부학 계열, 요소 및 수정자를 선택합니다. 썸네일에 제안된 색상 중에서 원하는 색상을 선택합니다(그림 8).
- h. 고유한 Digital Anatomy 재료 4개 중 일부를 선택하여 다른 재료와 결합해 디지털 재료를 형성할 수 있습니다(그림 9).

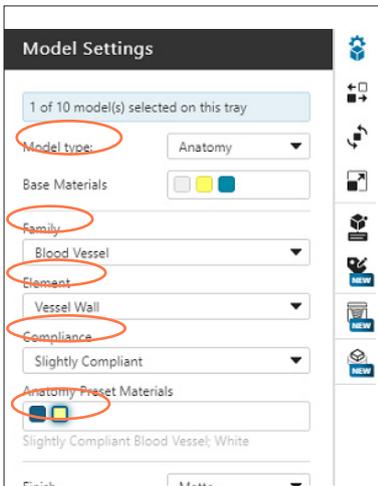


그림 8: 원하는 해부학적 프리셋 필터링

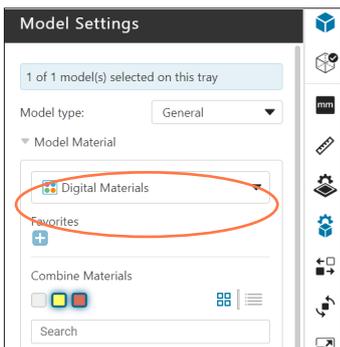


그림 9: TissueMatrix를 사용하는 디지털 소재

- j. 언제든지 "Model Settings"(모델 설정) 메뉴를 "Anatomy"(해부학)에서 "General"(일반)로 변경하여 기능적 모델이 아닌 시각적 모델을 프린트할 수 있습니다(그림 9).

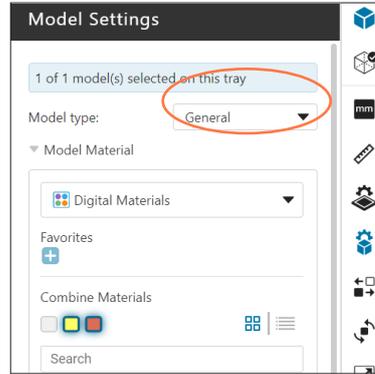


그림 9: TissueMatrix를 사용하는 디지털 소재

참고: "Model Settings"(모델 설정)에서 "Anatomy"(해부학)를 "General"(일반)로 변경하면 메뉴 설정 기본값이 자동으로 일반 선택으로 설정되고 해부학적 프리셋은 더 이상 모델에 할당되지 않습니다.

- k. GrabCAD Print Digital Anatomy 소프트웨어를 사용하는 일반 프린트에 대해 추가 질문이 있으면 도움말을 눌러 PolyJet 자습서에서 답변을 검색합니다(그림 10).

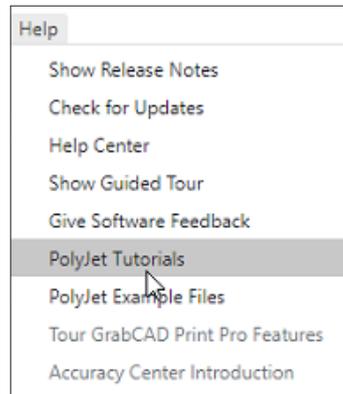


그림 10: 추가 정보는 PolyJet 자습서 참조



해부학 모델 제작 지침

이 기술 응용 가이드는 각 Digital Anatomy 애플리케이션에서 모델을 성공적으로 제작할 수 있는 지침을 제공합니다. 이러한 지침은 각 해부학 계열에 따라 다릅니다. 각 응용 분야에서는 특성과 설계 고려 사항에 따라 고유한 재료 및 구조 조합을 활용합니다.

각 응용 분야에서 지침은 다음을 설명합니다.

- 1 파일(STL) 준비
- 2 트레이 정렬
- 3 후처리



일반 해부학 계열

매우 연한 재료를 사용할 수 있는 기능이 결합된 Digital Anatomy 프린터만의 복셀 엔진을 사용하면 기능적 모델을 제작하여 연조직, 탄성 기관 및 결합 조직을 모방할 수 있습니다. 일반 해부학 계열에서는 ElasticoClear 및 TissueMatrix를 사용해야 합니다. 이 계열에는 표 3에 지정된 요소가 있으며 요소마다 고유한 수정자가 있습니다.

표 3: 일반 해부학 요소

요소	수정자
조밀 결합 조직	강성
속이 빈 내장 기관	강성
간	강성
고형 내장 기관	강성
고형 중앙	유형
피하 지방	강성

1. 파일(STL) 준비

모델을 설계할 때 다음 요소를 고려해야 합니다.

- a. 모델에 내부 공동이 있으면 서포트를 제거할 수 있는 경로가 있는지 확인합니다(그림 11).

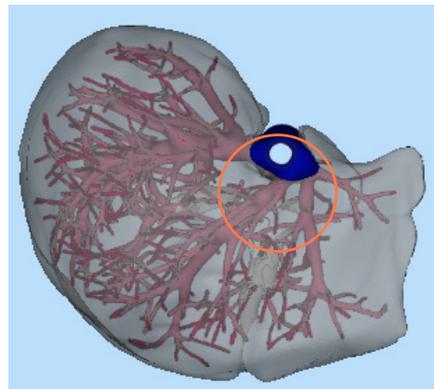


그림 11: 간 모델의 내부 공동

- b. 서로 다른 재료 또는 해부학적 구조가 할당된 모델의 구성 요소마다 별도의 STL 파일이 필요합니다.
- c. 트레이에서 구성 요소를 정렬하고 우선순위를 지정하는 복잡성을 줄이려면 겹치는 부분이 없도록 합니다.



- d. 최상의 결과를 얻으려면 TissueMatrix 또는 ElasticoClear 재료로 프린트된 모델의 각 요소의 두께가 최소 1.0mm 이상이어야 합니다. 요소가 더 얇을 경우 두께가 최소 0.5mm 이상이면 프린트할 수 있습니다. 그러나 시각적으로 변형되거나 찢어질 수 있습니다(그림 12).



그림 12: 얇은 부분 변형

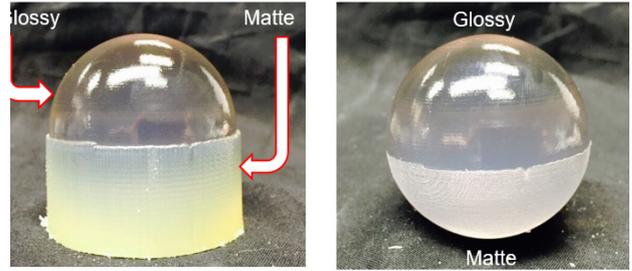
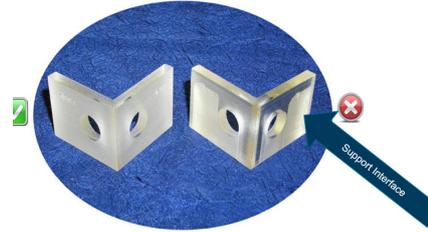


그림 13: 미세한 형상은 조심스럽게 세척하거나 광택으로 프린트해야 합니다.

2. 트레이 정렬

- a. 일부 해부학 계열을 사용하려면 TissueMatrix 및 ElasticoClear가 필요하며 "Tray Settings"(트레이 설정)에 선택되어 있는지 확인합니다(그림 2).
- b. 2개 이상의 겹치는 부분이 있는 경우 우선순위를 지정합니다. 이렇게 하면 GrabCAD Print™ Digital Anatomy 소프트웨어 엔진에서 각 부분을 구성하기 위해 증착되어야 하는 재료를 식별할 수 있습니다. 우선순위를 변경하려면 어셈블리의 부분을 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭합니다. 표 4에는 General Anatomy 요소 우선순위에 대한 제안 사항이 명시되어 있습니다.

표 4: General Anatomy 계열의 우선순위

우선순위	요소	댓글
최우선	종양	모델의 부분인 경우
중간	주 모델	간, 피하 지방
최하위	추가 요소	결합 조직, 젤 서포트

- c. 모든 일반 해부학 계열 모델에는 표준 그리드 스타일을 사용하는 것이 좋습니다.
- d. 균일한 표면 마감이 필요하면 무광 마감을 사용합니다(그림 13). 매우 섬세하여 쉽게 세척할 수 없는 특성이 있으면 광택 마감을 사용합니다.

3. 후처리

대부분의 경우 워터젯을 사용하고 모델을 수조에 담가 서포트 재료를 쉽게 제거할 수 있습니다. 최상의 결과를 얻으려면 먼저 모델에서 큰 서포트 덩어리를 제거한 다음, 수조에 담가 나머지 서포트 재료를 연하게 합니다. 워터젯을 마지막 단계로 사용하여 모델에 남아 있는 서포트 재료를 제거합니다. 다음은 도움이 되는 몇 가지 팁입니다.

- a. 고압 워터젯을 사용하면 찢어질 수 있는 섬세한 모델에는 저압 워터젯을 사용합니다.
- b. 워터젯을 장시간 특정 위치에 향하게 하지 마십시오. 그렇지 않으면 모델이 파손될 수 있습니다. 서포트의 접촉을 극대화하고 모델 자체와의 접촉을 최소화하도록 워터젯을 모델과 평행하게 사용합니다.
- c. 모델을 수조에 3~4시간 이상 담그지 마십시오. 그렇지 않으면 모델이 물을 흡수하여 변형될 수 있습니다.
- d. TissueMatrix로 프린트된 모델의 경우 3~4시간 이상 가성소다 용액 욕조를 사용하지 마십시오.
- e. 모델의 미세한 특성과 얇은 벽 요소의 경우 모델이 손상되거나 찢어지지 않도록 주의하면서 무딘 도구를 사용하여 수동으로 세척합니다.
- f. 손상을 방지하려면 워터젯을 미세한 특성에 직접 향하게 하지 마십시오.
- g. 비피포성 종양에는 자신을 보호할 외부 껍질이 없으므로 후처리 중에 비피포성 종양이 씻겨 나갈 수 있습니다.

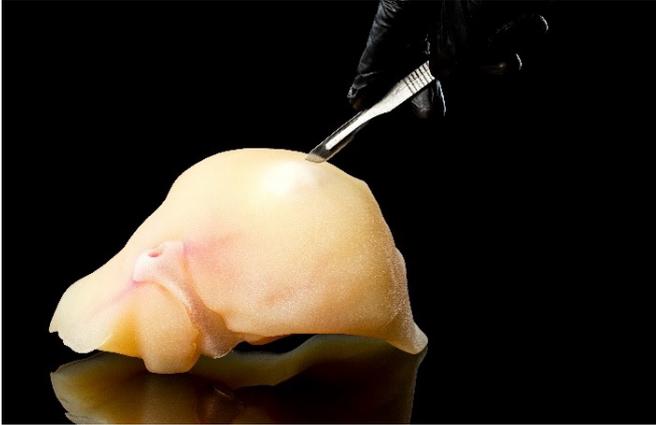
후처리에 대해 자세히 알아보려면 아래 링크를 클릭하십시오.

[지원 센터](#)
[GrabCAD 커뮤니티](#)



General Anatomy 계열에서 강조할 프리셋:

간 프리셋



J5 Digital Anatomy Printer 소프트웨어에서 사용할 수 있는 간 해부학적 프리셋은 임상적으로 검증되었습니다. 돼지 간 샘플은 다양한 생체 역학 테스트를 통해 3D 프린팅 모델과 비교되었습니다. 결과는 돼지의 값과 일치하고 일관되고 반복 가능한 측정을 제공하는 기능을 보여줍니다.

J5 Digital Anatomy 프린터 결과 게시물이 곧 게시될 예정입니다.

다음에서 J850 Digital Anatomy 프린터 결과에 대한 전체 연구를 읽어 보십시오. [조직 모방 재료의 PolyJet 3D 프린팅: 3D 프린팅 합성 조직의 특징적 특성 조사](#)

살아있는 조직은 다양한 생체 역학적 특성을 가질 수 있으므로 간 조직을 시뮬레이션하기 위해 J850 Digital Anatomy 플랫폼에서 제공되는 프리셋과 유사한 프리셋 4개가 개발되었습니다. 표 5에는 4가지 프리셋에 대한 정보가 나와 있습니다.

표 5: 간 프리셋

간 프리셋	적당히 단단함
고수축성	0.4mm ElasticoClear 코팅, TissueMatrix-GelMatrix 혼합물의 내부 층
두꺼운 코팅, 고수축성	1.0mm ElasticoClear 코팅, TissueMatrix-GelMatrix 혼합물의 내부 층
적당히 단단함	0.4mm ElasticoClear 코팅, ElasticoClear-GelMatrix 혼합물의 내부 층
코팅이 두껍고 적당히 단단함	1.0mm ElasticoClear 코팅, ElasticoClear-GelMatrix 혼합물의 내부 층

피하 지방 프리셋



많은 수술에서 외과의사는 표적 기관에 도달하기 위해 지방 조직을 탐색해야 합니다. 인간 지방 조직의 실제 느낌을 복제하기 위해 Stratasys는 피하 지방 조직이 포함된 가장 사실적인 해부학 모델을 만들도록 새로운 해부학적 프리셋을 개발했습니다.

피하 지방 프리셋은 행동과 피드백을 평가하기 위해 프린트된 샘플에서 여러 가지 정성 시험을 수행한 외과의사들의 피드백을 기반으로 J850 Digital Anatomy 프린터를 사용하여 개발되었습니다. 다음에서 전체 연구 결과를 읽어 보십시오.

[조직 모방 재료의 PolyJet 3D 프린팅: 3D 프린팅 합성 조직의 특징적 특성 조사](#)

J5 Digital Anatomy 프린터 재료를 사용하여 이러한 프리셋을 복제해 Agilus30Clear를 대체하고 유사한 혼합물을 만들기 위해 ElasticoClear를 사용했습니다.

참고: ElasticoClear는 Agilus30Clear보다 쇼어 값이 약간 높습니다.

GrabCAD Print Digital Anatomy 소프트웨어는 이제 General Anatomy 계열에서 찾을 수 있는 초사실적인 피하 지방 옵션 6개를 제공합니다. TissueMatrix 및 GelMatrix를 ElasticoClear와 혼합하여 사용하는 경우 피하 지방 해부학에는 프리셋 6개가 있으며 표 6에 나열되어 있습니다.



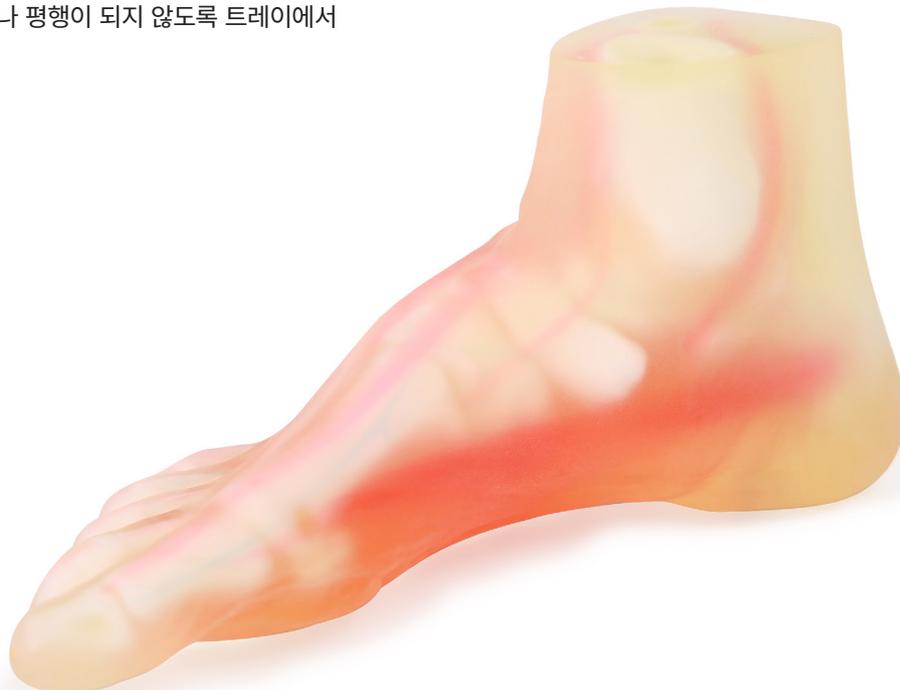
표 6: 피하 지방 프리셋

피하 지방 프리셋	재료 조합	사용
비피포성 고수축성	TissueMatrix 및 GelMatrix 혼합물, 코팅 없음	지방 조직이 장기 모델의 일부로 통합되는 응용 분야에서 사용
소프트 코팅된 고수축성	TissueMatrix 및 GelMatrix 혼합물, ElasticoClear 및 GelMatrix 혼합물 2.0mm 코팅	독립형 샘플에 사실적이면서 부드럽고 끈적한 외형과 촉감 제공
단단하게 코팅된 고수축성	TissueMatrix 및 GelMatrix 혼합물, ElasticoClear 2.0 mm 코팅	더욱 내구성이 우수한 독립형 모델 생성 이 옵션을 사용하면 대형 평면 모델에서 약간의 표면 굴곡을 제작할 수 있음
비피포성 수축성	TissueMatrix 및 GelMatrix 혼합물, 코팅 없음	지방 조직이 장기 모델의 일부로 통합되는 응용 분야에서 사용
소프트 코팅된 수축성	TissueMatrix 및 GelMatrix 혼합물, ElasticoClear 및 GelMatrix 혼합물 2.0mm 코팅	독립형 샘플에 사실적이면서 부드럽고 끈적한 외형과 촉감 제공
단단하게 코팅된 수축성	TissueMatrix 및 GelMatrix 혼합물, ElasticoClear 2.0 mm 코팅	더욱 내구성이 우수한 독립형 모델 생성 이 옵션을 사용하면 대형 평면 모델에서 약간의 표면 굴곡을 제작할 수 있음

참고: 비피포성 프리셋을 독립형 모델로 프린트하면 프린트 품질이 저하되므로 권장되지 않습니다. 피하 지방 조직을 프린트하려면 최소 2mm 이상의 코팅막이 필요합니다.

- 피하 지방 해부학적 프리셋의 고유한 특성으로 인해 다음 사용 요구 사항을 고려하십시오.
 - 이 해부학적 프리셋을 사용하면 대형 프린트물이나 전체 트레이 프린트를 방지할 수 있습니다.
 - 피하 지방 프리셋으로 프린트한 후에는 항상 롤러 욕조를 세척합니다.
 - 모델에 크고 평평한 표면이 포함될 때마다 모델의 평평한 면이 트레이에 수직이나 평행이 되지 않도록 트레이에서 방향을 지정합니다.

- 후처리 절차에서는 지방 조직 모델을 매우 조심스럽게 처리해야 합니다. 연성으로 인해 모델이 쉽게 찢어질 수 있습니다. 모델이 손상되지 않도록 저압 제트로 조심스럽게 세척합니다.
- 재료의 초연질 특성으로 인해 이유에 관계없이 프린트가 중단된 경우 즉시 재개하지 않는 한 프린트를 재개하지 않는 것이 좋습니다.





심혈관 모델



혈관 및 구조적 심장 계열

ElasticoClear, TissueMatrix 및 GelMatrix로 프린트하여 심장학 및 혈관 모델을 제작할 때 사용자는 높은 각도, 작은 혈관, 여러 갈래 및 큰 혈액 웅덩이가 있는 복잡한 해부학을 설계하고 쉽게 세척할 수 있습니다.

심혈관 응용 분야에서는 내부 직경과 벽 두께가 1.0mm 이하인 혈관벽, 심근 또는 판막의 다양한 부분과 같은 미세한 구조를 만들 수 있습니다.

표 7에는 다음 계열에서 사용할 수 있는 프리셋이 지정되어 있습니다.

표 7: 구조적 심장 및 혈관 계열 프리셋

요소	수정자
혈전/혈관 석회화	강성
젤 서포트/퓨어 젤 서포트	-
프레임/보강재/입구	강도 수준
혈관 벽	준수
붕합 가능한 혈관 벽	붕합 강도
판막 부분	강성
심근	강성
고형 종양	유형

- 혈관 계열을 사용하려면 ElasticoClear 필요
- 구조적 심장 계열을 사용하려면 ElasticoClear 및 TissueMatrix 필요

1. 파일(STL) 준비

- 일반적으로 혈액 웅덩이라고 하는 혈관 내부 체적을 나타내는 추가 STL 파일을 만듭니다. 다음 사양에 따라 젤 서포트/퓨어 젤 서포트 프리셋을 할당합니다.
- GelMatrix를 단일 트레이에서 최대 2000g으로 제한합니다.
참고: 프린트하는 데 GelMatrix가 2000g 넘게 필요할 것으로 예상되면 경고가 표시됩니다.
- 최상의 결과를 얻으려면 혈관 벽 두께를 1.0~2.0mm 사이로 유지합니다. 0.5mm의 벽 두께도 프린트할 수 있지만 시각적 변형이나 찢어짐이 발생할 수 있습니다. 벽 두께가 2.0mm를 초과하면 혈관 유연성이 저하됩니다.
- 최적의 결과를 얻으려면 혈관 내부 직경을 5.0cm 이하로 유지합니다.
- 모델에서 판막을 설계할 때 올바르게 열리고 닫힐 수 있도록 챔판 간의 공차를 0.2mm로 유지합니다.
- 심장 모델에서는 벽 두께를 1.0mm 이상으로 유지해야 합니다.
- 심장 모델 복잡성으로 인해 서포트 재료를 제거할 수 있도록 구멍을 만드는 것이 좋습니다(그림 14).

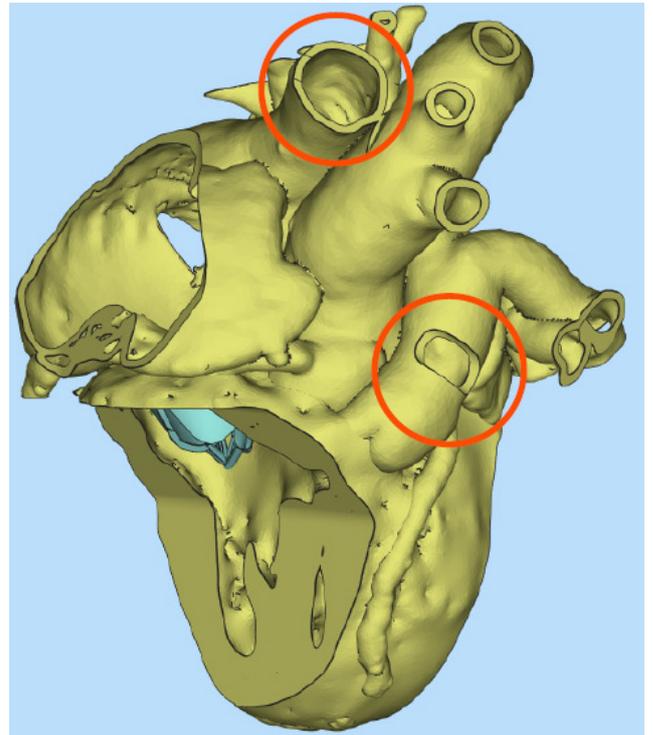


그림 14: 심장 모델의 서포트 제거 구멍



- 다발과 같은 미세 형상을 만들 때 최소 두께를 1.0mm로 유지합니다.
- 모델을 통해 유체를 순환시키기 위해 펌프에 연결될 기능성 판막은 개방을 보장하기 위해 철판 간의 공차가 최소 0.2mm 이상이어야 합니다(그림 15).

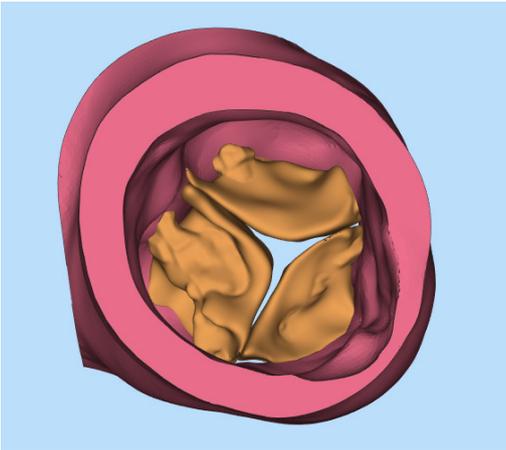


그림 15: 판막 모델의 공차

- 트레이에서 구성 요소를 정렬하고 우선순위를 지정하는 복잡성을 줄이려면 겹치는 부분이 없도록 합니다.
- 모델의 각 재료와 요소 각각에 별도의 STL 파일을 만듭니다. STL 파일마다 서로 다른 재료 혼합물이 있을 수 있습니다. 예를 들면 다음과 같습니다. 혈관을 프린트하려면 혈관, 혈관 내부 체적, 곡선 모양의 보강재, 모델을 해당 위치에 고정하는 데 필요한 프레임 및 존재하는 혈관 석회화에 대한 STL 파일을 만듭니다. 심장 판막을 설계할 때는 재료를 분리하고 고리, 철판 및 다발과 같은 각 요소에 할당해야 합니다(그림 16).

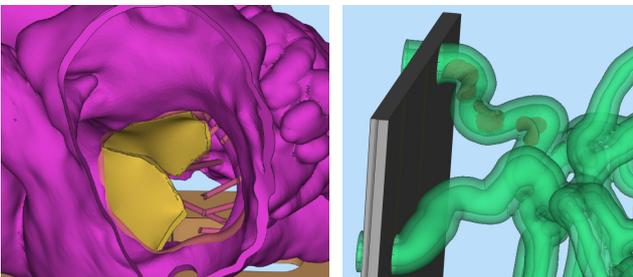


그림 16: 심장 모델과 혈관 모델의 다양한 요소

참고: 모델의 석회화는 모델 기능에 영향을 미칠 수 있습니다. 판막 철판 움직임을 방해하여 유연성이 손실되어 올바르게 작동하지 않을 수 있습니다.

참고: 혈관의 혈전은 해당 혈관의 흐름에 영향을 미칩니다. 또한 혈관에서 서포트 재료 세척이 더 어려워질 수도 있습니다.

- 날카로운 곡선으로 혈관을 보강합니다(그림 17).

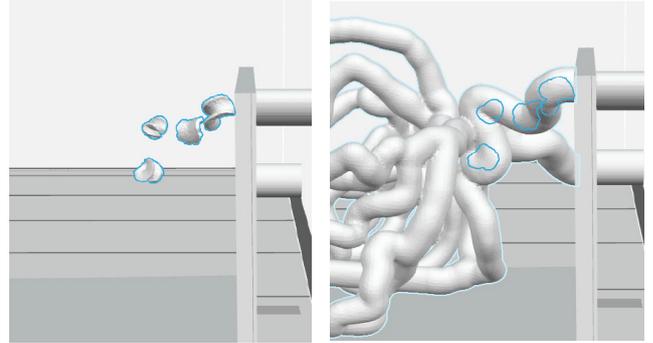


그림 17: 보강재가 있는 혈관

- 혈관이 평평한 표면과 접하거나 만나는 모서리를 둥글게 처리합니다.
- 웻랩 시뮬레이션을 사용할 경우 펌프에 쉽게 연결할 수 있도록 모델의 입구와 출구를 설계합니다(그림 18).

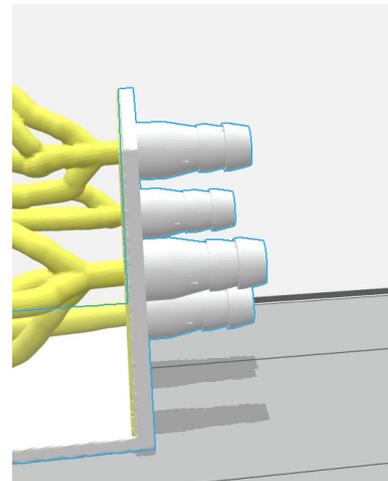


그림 18: 웻랩 시뮬레이션을 위한 입구

- 분리가 최소화되도록 ElasticoClear 및 Vero 재료를 혼합하여 입구를 만듭니다. Shore95, Shore85 및 Shore70의 쇼어 값을 가진 재료를 사용하는 것이 좋습니다. 이 혼합물은 혈관 계열에 제공됩니다.
- 혈관이 임상 관련 위치에 고정되도록 프레임을 설계합니다. 일반적인 방법은 모델의 각 끝에 벽을 만드는 방법입니다(그림 18). 대형 모델의 경우 픽스처를 설계에 추가할 수 있습니다.



- 해당 위치에 압력이 가해지면 찢어질 수 있으므로 끝이 막힌 혈관을 설계하지 마십시오(그림 19).

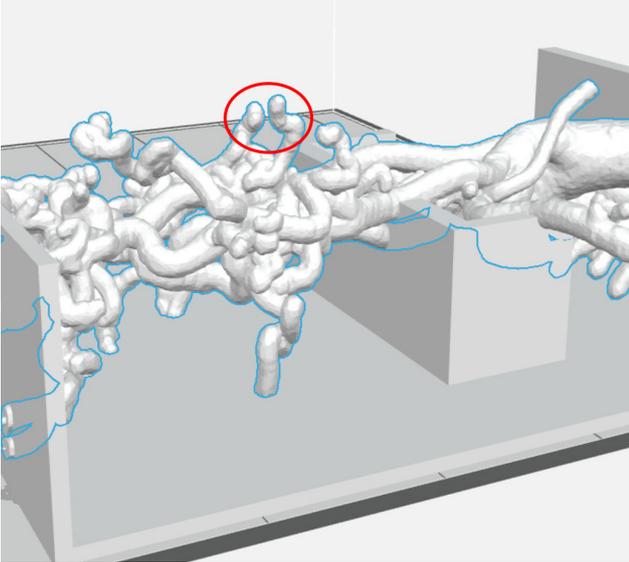


그림 19: 끝이 막힌 혈관 모델

- 최상의 결과를 얻으려면 모델을 최대한 매끄럽게 설계합니다. 용기나 표면 불규칙성은 프린트된 모델의 내구성에 영향을 미칠 수 있습니다(그림 20).

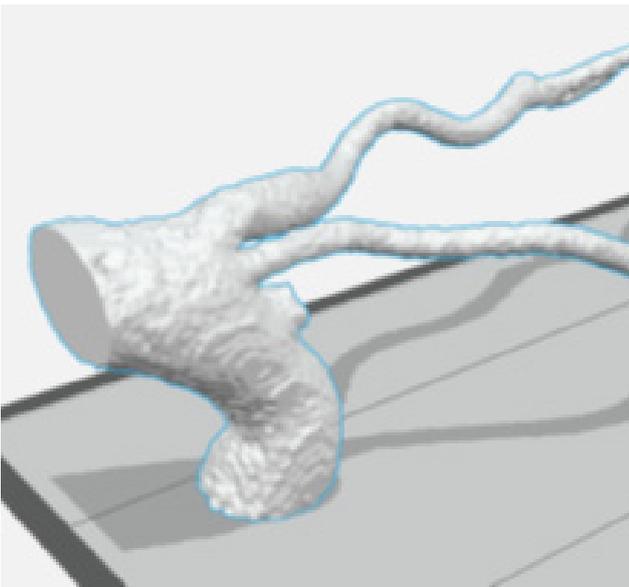


그림 20: 매끄럽지 않은 혈관 모델

2. 트레이 정렬

- 서포트를 제거하거나 관심 영역에 쉽게 접근할 수 있도록 모델에 열린 영역이 있는 경우 찢어짐이 방지되도록 트레이를 프린터 헤드 블록의 롤러를 향하게 배치합니다. 프린트 시간이 줄어들도록 모델을 트레이 중앙 가까이 배치합니다(그림 21).

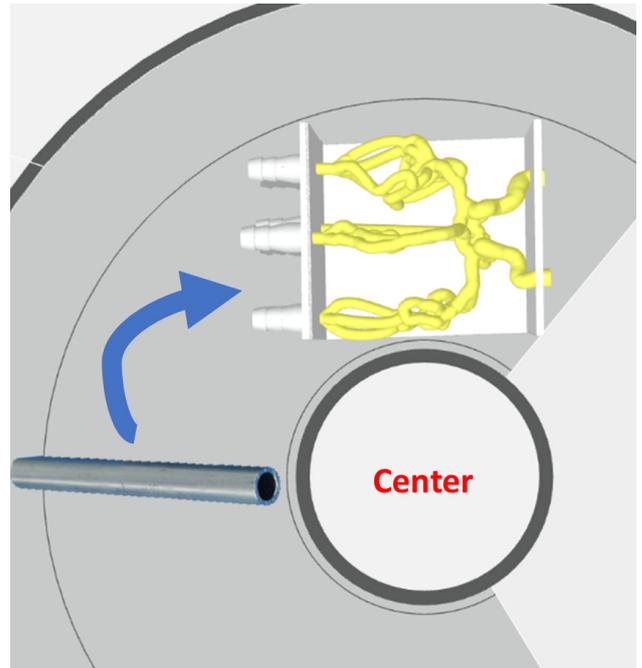


그림 21: 롤러를 향하게 하여 개구부 배치

- 추정 기능을 사용하여 트레이에서 GelMatrix를 2000g 넘게 소비하지 않는지 확인합니다(그림 22).

Tray Estimations	
Use with Inlets_VPW	High Quality Speed
Print Time	1d 13h 19m
Total Materials (g)	2,169
Total Support (g)	2,279
OneMatrix	146
RAFTWhite	1,324
CasticoClear	353
GelMatrix	200
IssueMatrix	146
JP710	2,279

그림 22: 트레이 추정



- 프린트를 시작하기 전에 겹치는 부분에 대한 우선순위를 설정해야 합니다. 여기에는 어셈블리로 업로드된 부분이 포함됩니다. 지정된 애플리케이션을 기준으로 각 우선순위를 선택합니다. 예를 들어 관심 있는 해부학적 영역에 가장 높은 우선순위를 할당할 수 있습니다. 심혈관 프린트에 대한 권장 우선순위 설정은 다음 표 8에 나열되어 있습니다.

표 8: 심혈관 모델 우선순위

우선순위	요소	코멘트
최고(1위)	혈관/심근	프린트할 주요 구조
중간	중앙, 석회화, 철판	임상 사용 사례별
최하위	혈액 웅덩이	서포트 재료

- 권장되는 그리드 스타일은 표준 그리드입니다.
- 모델 마감은 애플리케이션에 따라 다릅니다. 균일한 표면 마감을 얻으려면 무광 마감을 사용하는 것이 좋습니다. 내구성이 더욱 강한 혈관을 원할 경우 광택 마감을 사용하는 것이 가장 좋습니다(그림 23).

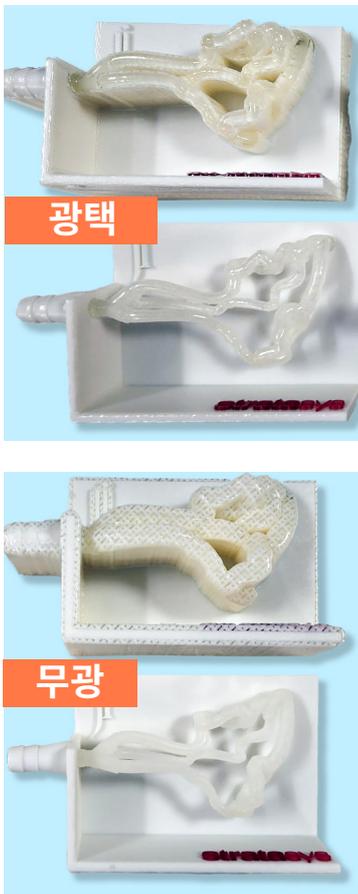


그림 23: 혈관 모델에서 광택 및 무광 비교

참고: 광택 마감하면 모델이 더 끈적거릴 수 있습니다.

3. 후처리

심혈관 모델을 워터젯으로 세척하거나 순환 펌프에 연결할 수 있습니다.

심장 모델 세척

- 심장 모형은 매우 연하고 섬세하므로 심장 모델을 세척할 때 각별히 주의해야 합니다. 찢어짐이 방지되도록 항상 워터젯을 최저 압력으로 조정합니다.
- 워터젯으로 외부 서포트를 제거하기 전에 모델에서 큰 서포트 조각을 직접 제거합니다.
- 모델을 가성소다(1~2%) 용액에 약 1~2시간 동안 담급니다.
- 저압 워터젯을 사용하여 젤 서포트를 압착하면서 제거합니다.
- 일부 심장 모델에는 다발과 같은 깨지기 쉬운 요소가 있습니다. 압착할 때 과도한 힘을 가하지 마십시오. 서포트 재료가 개구부를 통해 흘러나오도록 심장 모델을 부드럽게 마사지합니다.

혈관 모델 세척

- 서포트를 제거하기 전에 프린트 후 모델이 식을 때까지 2~3시간 정도 기다립니다.
- 50CC 주사기, 가성소다 탱크, 압력 게이지, 소프트 클램프, 기타 줄, 가이드 와이어, 카테터, 워터젯 클리닝 스테이션, 실험실 가운, T-피팅 튜브, 보안경, 0.7mm x 40mm 육각 렌치 및 실리콘 튜브 등 워터젯을 제거하는 필요한 장비를 준비합니다.
- 입구 영역에서 외부 서포트 재료를 제거하는 것부터 시작합니다. 워터젯을 저압에서 사용하거나 기계적 도구를 사용하여 이 작업을 수행할 수 있습니다. 이 단계의 목적은 개구부에서 서포트 재료를 덮고 있는 SUP710S를 제거하여 젤 서포트 채널에 접근하는 것입니다.
- 압력 게이지에 연결된 주사기를 사용하여 전체 모델을 통과하는 초기 경로를 만듭니다. 주사기를 압력 게이지에 연결하고 액체(물 또는 염색 용액)를 채운 후 모델에 액체를 주입합니다. 모델이 파열되지 않도록 모델에 가해지는 압력이 1.5bar를 초과해서는 안 됩니다(그림 24).
- 초기 경로가 뚫리면 모든 입구와 출구를 통한 흐름을 확인합니다. 클램프나 손을 사용하여 병렬 흐름 루프를 차단하고 모든 채널이 열려 있는지 확인합니다.



- f. 액체가 각 채널을 통해 2~3회 추가로 흐르도록 하여 모든 채널이 열려 있는지 확인합니다.
- g. 다른 채널을 통한 흐름을 분리하면서 모델의 채널(입구)마다 이 단계를 반복합니다.

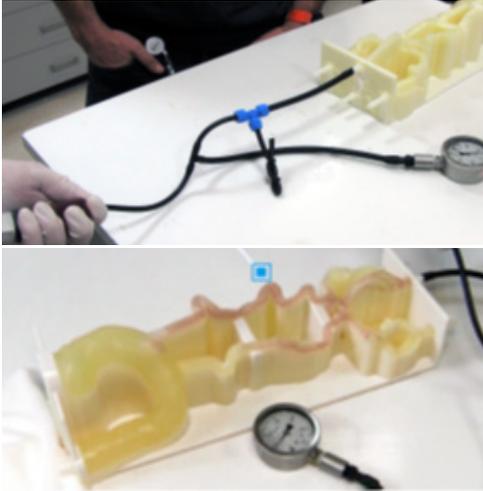


그림 24: 주사기를 사용하여 혈관 모델 세척

- h. 모델에서 GelMatrix 구조를 매우 부드럽게 제거합니다. 저압 워터젯이나 수동 압착 또는 젤 제거를 사용할 수 있습니다.
- i. 접근하기 어려운 영역에서 서포트를 제거하려면 기타 줄, 가이드 와이어 또는 카테터를 사용하면 됩니다.
- j. 거의 모든 내부 서포트가 제거되면 잔여 서포트 재료가 제거되도록 모델을 가성소다 욕조에 4~6시간 동안 담급니다.
- k. 가성소다와 잔여 서포트 재료를 제거하려면 워터젯으로 모델을 다시 한 번 세척합니다. 모델을 말립니다. 모델에 공기를 순환시켜 건조 과정을 가속화할 수 있습니다.
- l. 모델에서 작은 찢김이 확인되면 건조 후에 접착하면 됩니다.
- l. 공기압을 사용하여 모델에서 서포트를 제거할 수도 있습니다. 사용할 경우 혈관에 구멍이 생기거나 터지지 않도록 주의합니다. 팽창이나 추출에 유의합니다. 이들 중 하나라도 발생하면 즉시 모델에서 압력을 해제하고 압력이 완전히 해제된 후에 계속 진행합니다.

심혈관 애플리케이션에서 강조할 프리셋:

융합 가능한 혈관 벽 해부학



혈관 융합은 전문가에게 각 상태에 대한 정밀도를 요구하는 매우 복잡한 기술입니다.

혈관 융합을 보다 정확하게 모방하기 위해 Stratasys는 매우 사실적이고 기계적으로 정밀한 혈관 벽 프린팅 구성을 개발했습니다. 이 작업은 J850 Digital Anatomy 프린터를 사용하여 이탈리아 파비아 대학교와 공동으로 개발되었으며 숙련된 외과의사와 의료 전문가에 의해 임상적으로 검증되었습니다.

[J850 Digital Anatomy의 전체 연구 결과를 보려면 백서를 읽어 보십시오.](#)

J5 Digital Anatomy 프린터에서 프린트된 샘플에서 비교 테스트가 수행되었으며 곧 공개될 예정입니다.

GrabCAD Print Digital Anatomy 소프트웨어에는 새 융합 가능한 혈관 벽 프리셋과 향상된 융합 가능 혈관 벽 프리셋 등 프리셋 2개가 추가되어 더욱 정확하고 사실적으로 혈관을 모델링할 수 있게 되었습니다. 이러한 프리셋은 Agilus™, TissueMatrix, VeroPureWhite™ 및 BoneMatrix의 조합을 통해 빌드되며 다양한 융합 강도를 만듭니다.

**일반 지침:**

- 이 문서에 게시된 혈관 모델에 대한 모든 지침과 권장 사항은 이러한 프리셋에 적용됩니다.
- 특유의 연하고 깨지기 쉬운 구조로 인해 벽이 매우 얇고 내부 직경이 큰 혈관을 프린트하면 세척 과정이 복잡해지고 모델이 손상될 수 있습니다.
- 혈관 모델의 내부 서포트를 위해 퓨어 젤 또는 젤 서포트 프리셋을 사용합니다. 이러한 서포트 구조가 세척 과정에서 제거하기가 더 쉽습니다.
- 모델 손상이 방지되도록 수조에서 직접 세척하거나 저압 제트를 사용합니다. 물에 담가 놓으면 젤 서포트 및 서포트 재료를 더 쉽게 제거할 수 있습니다.
- 이유에 관계없이 프린트 과정이 중간에 중지되면 TissueMatrix 프린트에서 권장하는 대로 처음부터 다시 프린트를 시작하는 것이 좋습니다. 재질 연성으로 인해 모델 프린팅 품질이 고품질이 아닐 수 있기 때문입니다.

**젤 서포트 및 퓨어 젤 서포트**

GelMatrix 소재는 3D 프린팅 세계에서 비교할 수 없는 고유한 특성을 제공하여 매우 사실적인 해부학 모델을 만드는 데 도움이 됩니다. 젤 같은 재료는 더 많은 해부학적 옵션을 제공하도록 개선되었으며 크게 간소화되고 후처리 시간이 단축됩니다.

젤 서포트 프리셋 - SUP710S, GelMatrix 및 ElasticoClear의 구조는 손쉽게 저압 워터젯을 사용하거나 도구를 사용하여 직접 세척하거나 모델을 압착하여 세척할 수 있는 서포트 재료 역할을 하는 고유한 프리셋을 만듭니다. 이 프리셋은 일반 SUP710S로 세척하기가 복잡한 좁은 내부 공동에 사용됩니다.

슬라이서에서 계산되고 사용자 간섭 없이 자동으로 모델을 기반으로 하는 SUP710S와 달리 젤 서포트 프리셋은 이 프리셋을 사용하려는 공동을 위해 설계된 별도의 파일에 할당됩니다.

젤 지원 재료의 고유한 특성으로 인해 다음 사용 요구 사항을 고려하십시오.

- GelMatrix를 프린트할 때 전체 재료 양은 트레이당 2kg 미만이어야 합니다.
- 최상의 성능을 위해서는 GelMatrix를 사용할 때 트레이 전체 프린트를 하지 마십시오. 트레이가 가득 차면 프린트 품질 문제가 발생할 가능성이 더 높습니다.
- 모델의 평평한 면이 트레이에 수직이거나 평행하지 않도록 트레이에서 크고 평평한 모델 방향을 지정합니다. GelMatrix의 매우 연한 특성으로 인해 크고 평평한 표면이 올바르게 구축되지 않을 수 있습니다.

퓨어 젤 서포트 프리셋 - 작은 혈관의 후처리 및 성능이 향상되도록 퓨어 젤 서포트 재료를 사용하여 내부 직경이 최대 0.4mm인 혈관을 만듭니다.

GelMatrix의 고유한 특성으로 인해 다음과 같은 사용 요구 사항을 고려하십시오.

- 퓨어 젤 서포트는 혈관과 같은 튜브형 형상에만 승인되었습니다.
- 튜브 벽 두께는 최소 0.5mm 이상이어야 합니다.



근골격계 계열

BoneMatrix 재료는 근골격계 애플리케이션의 기반입니다. 이 고유한 재료는 유연하면서도 내구성이 뛰어나며 척추경 나사 삽입과 같은 절차에서 균열 없이 천공과 확공 작업을 수행할 수 있습니다. 실제 뼈만큼 강하지는 않지만 J5 DAP의 뼈 모델은 실제 뼈의 성능 특성을 잘 모방합니다.

근골격계 계열을 사용하려면 BoneMatrix와 DraftWhite가 필요합니다.

이러한 계열에서 사용할 수 있는 프리셋은 표 9에 지정되어 있습니다.

표 9: 근골격계 계열 프리셋

해부학 요소	제어된 속성
척추	다공성
인대	강성
추간판	유형
신경	유연성
후관절	강성
두개골	밀도
일반 뼈	밀도
장골	유형
갈비뼈	강성

1. 파일(STL) 준비

뼈 마디는 다른 해부학적 구조보다 쉽습니다. 다른 해부학적 구조에 비해 뼈와 밀도가 낮은 조직 및 기관 사이에는 훨씬 더 우수한 대비가 존재하므로 훨씬 더 높은 해상도의 STL 파일을 얻을 수 있습니다.

- a. 뼈 내부 구조는 GrabCAD에서 자동으로 생성되므로 번거로운 내부 구조 설계가 필요하지 않습니다. 뼈 외부 경계를 분할하고 지정하기만 하면 됩니다.
- b. CAD 설계 소프트웨어에서는 수축 포장과 같은 기능을 내부 공극의 데이터가 손실될 염려 없이 사용할 수 있습니다.

- c. 모델이 매끄러울수록 모델 품질이 높아집니다(그림 25).

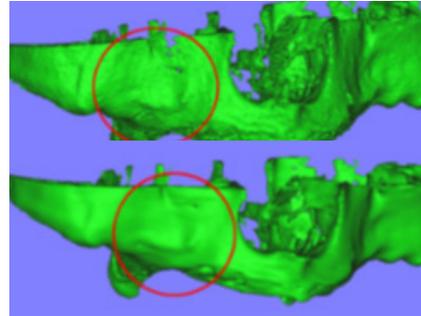


그림 25: 매끄러운 모델

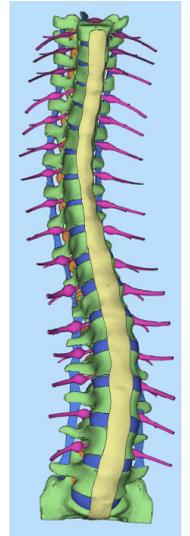


그림 26: 척추 모델의 겹치는 부분 ▶

- d. 디스크, 관절면, 인대와 같은 추가 구조가 모델의 일부인 경우 겹치지 않도록 주의합니다(그림 26). 모델 내에서 서로 가깝기 때문에 이를 달성하기 어려울 수 있습니다.
- e. 대부분의 경우 모델의 다양한 요소를 수동으로 설계해야 합니다. 주된 이유는 결합 조직을 CT 스캔에서 구별하기가 매우 어렵고 일부 요소는 스캔에서 완전히 포착되지 않을 수 있기 때문입니다.
- f. 프린트할 파일을 준비하려면 표면 구멍을 수정하고 노이즈와 분리된 셀을 제거합니다.
- g. 모델 작동 방식과 최종 용도를 고려합니다. 모델이 훈련과 같은 실용적인 용도이면 모델이 안정화되도록 지나 스탠드를 설계하는 것이 필수적인 경우가 있습니다. 모든 모델에 스탠드를 설계하거나 모델이 스스로 설 수 있는 설계를 통합하는 것이 좋습니다.
- h. 인대와 같은 길고 얇은 부분의 두께는 세척 과정에서 찢어지지 않도록 최소 1.0mm 이상이어야 합니다.



2. 트레이 정렬

- a. 모델이 천공이나 나사 삽입을 견딜 수 있는지 확인하려면 트레이의 모델 방향에 주의합니다. 모델을 올바른 방향으로 배치하면 성능이 향상됩니다. 모델 내구성을 높이려면 레이어 선이 모델의 구부러진 부분을 가로 지르도록 배치합니다.
- b. 척추가 모델의 일부인 경우 수직으로 배치하여 구조를 강화하고 삽입된 나사의 압력을 견딜 수 있는지 확인합니다(그림 27).

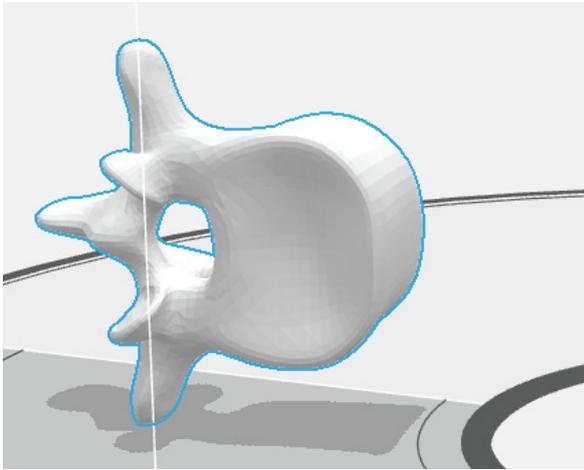


그림 27: 직립 자세에서의 척추

- c. 이 애플리케이션의 경우 겹치는 부분이 없는 경우가 간혹 있으므로 인대, 디스크 및 관절면과 같은 뼈와 함께 추가 요소를 프린트할 때 프린트 오류가 발생하지 않도록 모델의 각 요소에 우선순위를 할당합니다. 권장되는 우선순위 할당은 표 10에 설명되어 있습니다.

표 10: 근골격계 모델에서 우선순위

우선순위	요소	댓글
최고(1위)	종양	모델의 부분인 경우
중간	뼈	모든 종류의 뼈
최하위	추가 요소	디스크, 인대, 관절면, 신경, 지그, 스탠드

3. 후처리

- a. 추가 요소가 없는 단일 뼈 모델의 경우 고압 워터젯을 사용하여 서포트 재료를 제거한 후 가성소다 욕조에 담가 남은 서포트를 제거합니다.
- b. 추가 요소가 있는 모델의 경우 워터젯을 중간 압력으로 설정합니다. 인대나 신경 뿌리와 같은 요소가 모델에서 분리될 수 있기 때문에 고압을 사용하지 마십시오.
- c. 모델에 연성 재료가 포함된 경우 단일 위치에 압력을 지속적으로 가하지 마십시오(그림 28).
- d. 워터젯을 사용할 때는 연성 재료와 경성 재료가 연결되는 영역에 특히 주의하십시오(그림 29).



그림 28: 연성 재료에 지속적으로 압력 가함

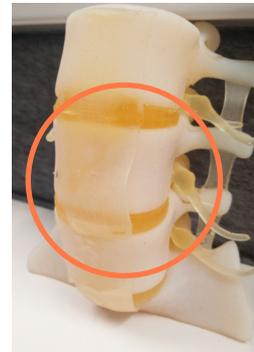


그림 29: 부드러운 부분과 단단한 부분이 연결됨

- e. 부비강과 같이 폐쇄된 빈 공간에 주의하십시오. 서포트 재료를 올바르게 제거하지 않고 모델을 가성소다 수조에 장시간 방치하면 모델이 파손될 수 있습니다. 시간이 경과하면 서포트 재료가 부풀어 올라 추가 압력으로 인해 모델에서 균열이 발생할 수 있습니다. 이러한 종류의 공동에는 젤 서포트 프리셋을 사용하면 됩니다.



고급 뼈 기능

사용자가 프린트된 모델에서 목표를 달성할 수 있도록 특히 뼈 애플리케이션을 위한 몇 가지 특수 기능을 개발했습니다.

근골격계 계열의 관련 해부학적 요소가 모델에 할당되면 새로운 "Operation Menu"(작업 메뉴)가 나타납니다(그림 30).

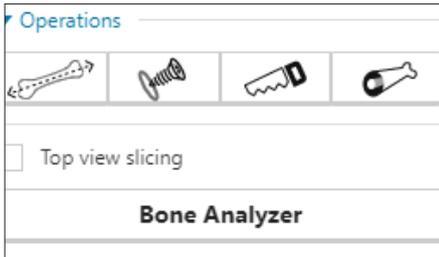


그림 30: Bone Features(뼈 기능) 메뉴

관련 해부학적 요소는 다음과 같습니다(그림 31).

- 장골
- 척추
- 두개골
- 일반 뼈

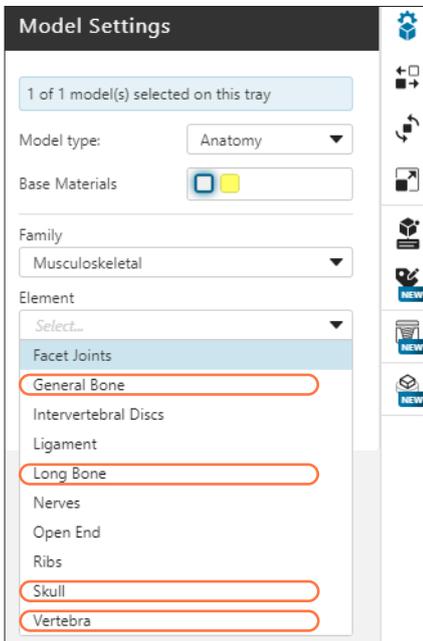


그림 31: 뼈 기능의 뼈 프리셋

참고: 위에 나열된 모든 해부학적 요소에서는 일부 기능만 사용할 수 있습니다. 예를 들어 축 및 길이는 장골 요소에만 사용 가능합니다.

참고: 수정해야 하는 모델에서는 특수 뼈 기능을 사용할 수 없습니다. 이러한 기능을 사용하려면 먼저 모델을 수정해야 합니다.

"Operation Menu"(작업 메뉴)에는 다음과 같은 새로운 "Advanced Bone"(고급 뼈) 기능이 모두 포함됩니다.

1. Axis & Length(축 및 길이)
2. Bone Analyzer(뼈 분석기)
3. Strain relief for screw insertion/drilling (나사 삽입/천공을 위한 응력 완화)
4. Dissection(해부)
5. Cross section (open end)(단면(수정 가능))

Bone Analyzer(뼈 분석기)

- a. 장골 요소의 경우 모델의 크기와 방향에 따라 내부 구조에 상당한 차이가 있습니다. 대퇴골을 예로 들면 뼈 양쪽의 구조가 매우 다릅니다. 내부 구조와 완벽하게 일치하려면 뼈의 장축과 두 가장자리(근위 및 원위)를 식별해야 합니다. 이 가장자리의 이름은 신체 중심에 대한 근접도에 따라 지정됩니다. 더 가까운 쪽을 근위(파란색 평면)라고 하고 더 먼 쪽을 원위(녹색 평면)라고 합니다(그림 32).

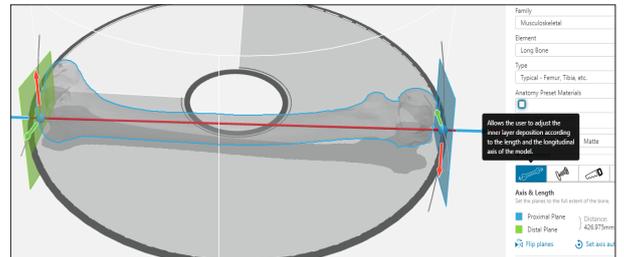


그림 32: 대퇴골 모델의 축 및 길이

- b. 뼈 층의 내부 구조는 뼈의 근위 가장자리와 원위 가장자리에서 다릅니다. 필요한 구조를 오른쪽 가장자리에 맞추기 위해 축 및 길이가 생성되었습니다.
- c. 이러한 평면에 대한 자동 할당이 잘못된 경우 근위 및 원위 가장자리 사이의 각 평면을 전환할 수 있는 작은 "평면 뒤집기" 아이콘이 있습니다(그림 33).

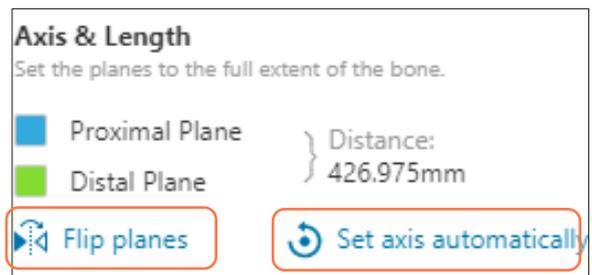


그림 33: 근위 및 원위 평면 자동 조정



- d. 두 평면 외에도 뼈 길이를 따라 이동하는 녹색 축이 표시됩니다. 소프트웨어에서 해당 축의 위치를 자동으로 계산합니다. 이 선이 뼈 방향과 완벽하게 일치하지 않으면 컨트롤러를 사용하여 뼈를 이동해 평면을 이동 및 회전할 수 있는 옵션이 제공됩니다(그림 34).

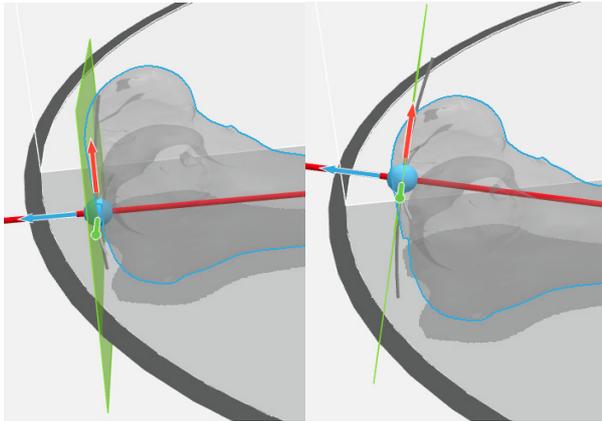


그림 34: 평면 수동 변경

슬라이더를 위아래로 스크롤하여 재료가 다른 절편에 증착된 방식을 확인합니다.

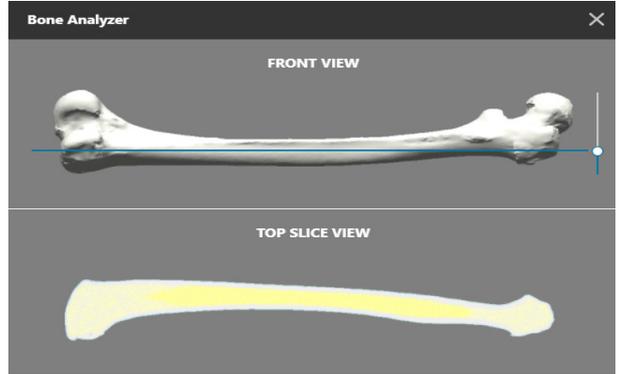


그림 35: Bone Analyzer(뼈 분석기)

- e. 이러한 평면의 방향 선택을 재설정하려면 "Set Axis Automatically"(자동으로 축 설정)를 선택하여 선택 사항을 자동으로 계산된 초기 할당으로 재설정합니다 (그림 33).

참고: 소프트웨어의 자동 계산에 따라 축이 설정되면 사용자에게 표시하기 위해 선이 녹색으로 표시됩니다. 사용자가 조정하면 빨간색으로 표시됩니다.

- f. 모든 작은 조정으로 프린트된 뼈의 내부 구조가 결정됩니다. 뼈와 일치하도록 축 정렬을 더 가깝게 설정할수록 프린트된 부분의 내부 구조가 더 정확해집니다.
- g. "Bone Analyzer"(뼈 분석기) 옵션을 사용하여 최종 결과를 시연합니다(아래 설명 참조).

- b. 절편 보기를 선택하여 트레이에 모델 방향을 표시할 수 있습니다(그림 36). "Top View Slicing"(위에서 절편 보기) 확인란을 선택하면 모델이 있는 그대로 표시됩니다(그림 37).

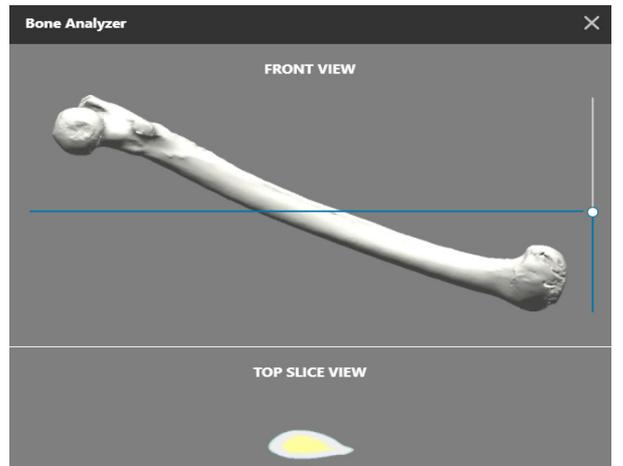


그림 36: Bone Analyzer(뼈 분석기)의 Top View Slicing (위에서 절편 보기)

Bone Analyzer(뼈 분석기)

Bone Analyzer(뼈 분석기) 기능은 사용자가 뼈 모델 내부의 재료 증착을 이해하는 데 도움을 주기 위해 설계되었습니다. Axis & Length(축 및 길이) 기능이 뼈 모델의 다양한 층에 영향을 미치는 정도를 이해하는 데 유용합니다.

- a. Bone Analyzer(뼈 분석기) 기능을 클릭하면 GrabCAD 소프트웨어에서 내부 구조를 계산하고 뷰어에 모델의 다양한 절편을 표시합니다(그림 35). 오른쪽에 있는

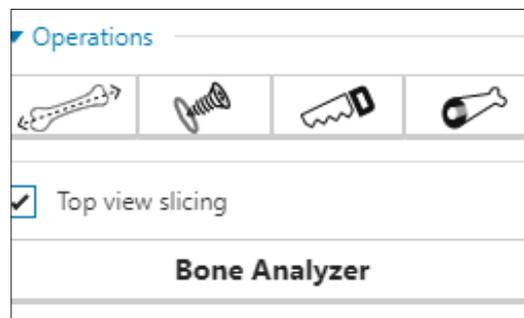


그림 37: Top View Slicing(위에서 절편 보기) 확인란



🔧 응력 완화

정형외과 분야의 많은 의료 수술에서는 뼈에 나사를 삽입합니다. 판 고정, 척추 교정, 골절 고정 등이 이에 해당됩니다. 프린트 모델에 나사를 삽입할 때 힘으로 인해 모델 전체에서 균열이 발생할 수 있습니다.

응력 완화 기능은 균열이 확산되어 모델이 완전히 분리되는 것을 방지하기 위해 개발되었습니다.

나사 삽입이나 천공을 위해 연성 재료로 제작되고 표적 영역을 둘러싸는 작은 링을 추가합니다. 이렇게 하면 연성 층에서 나사 삽입으로 인한 압력을 흡수하고 균열이 퍼지지 않도록 장벽 역할을 할 수 있습니다(그림 38).



그림 38: Strain Relief를 사용한 나사 삽입

a. 그림 31에 언급된 뼈 프리셋 중 하나를 사용하여 모델을 할당하면 "Strain Relief"(응력 완화) 옵션이 나타납니다.

b. 이 옵션을 선택하면 링 직경, 링 두께 및 링 깊이 등을 제어할 수 있는 세 가지 매개변수가 제공됩니다(그림 39). 매개변수마다 선택할 수 있는 범위가 다릅니다.

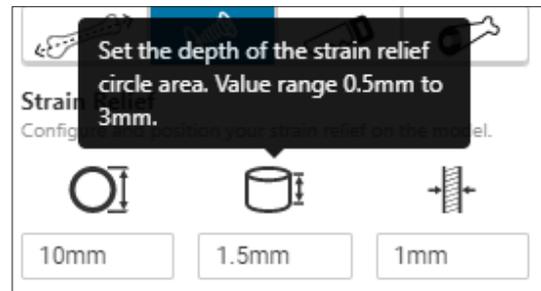
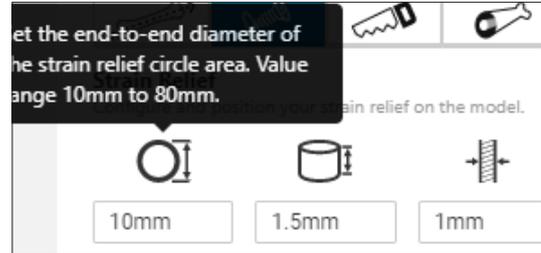


그림 39: Strain Relief 매개변수

참고: 척추경 나사 삽입 응력 완화에 권장되는 매개변수는 직경 15mm, 깊이 0.5mm, 두께 1.0mm입니다.

c. 모든 매개변수를 선택하면 모델에 커서를 놓고 링이 모델에서 투영되는 방식을 확인합니다. 이 뷰에는 해당 지점의 모델에 수직인 참조 면이 표시됩니다(그림 40).

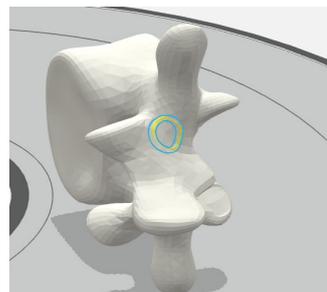


그림 40: 척추 모델에서의 Strain Relief



참고: 모델에 투영된 응력 완화는 모델에 부착된 응력 완화 링의 모양에 영향을 미치므로 모델의 곡선과 형태를 고려해야 합니다(그림 41).

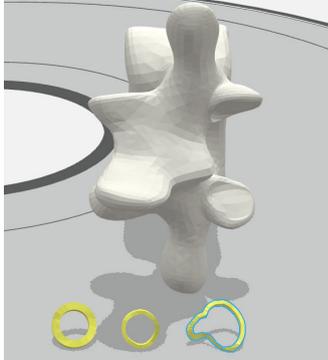


그림 41: 다양한 곡선이 있는 분해된 Strain Relief 링

- d. 링을 배치하면 어셈블리의 추가 STL 파일로 모델에 구현됩니다. ElasticoClear 재료와 가장 높은 프린트 우선순위로 할당됩니다(그림 42).

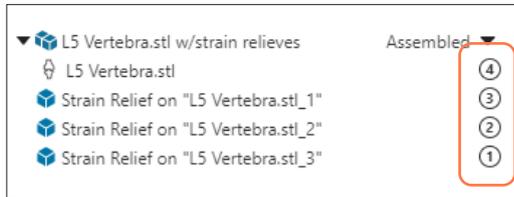


그림 42: Strain Relief 우선순위

참고: 생성되면 링이 개체가 됩니다. 즉, 원하는 대로 재질 할당을 변경할 수 있습니다(그림 43).

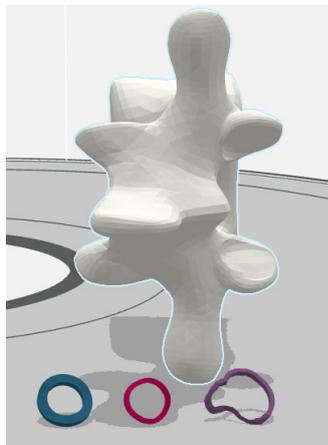


그림 43: Strain Relief 링에 대한 재료 지정

- e. 생성된 링을 보려면 어셈블리 트리 목록에서 "Disassemble"(분해)을 선택하고 모델에서 분리된 생성된 부분을 확인합니다(그림 41, 43).
- f. 필요에 따라 모델에 응력 완화를 추가할 수 있습니다. 적재된 단일 STL(부분) 또는 어셈블리의 특정 부분에 이 기능을 적용할 수 있습니다(그림 41, 43).
- g. Strain Relief가 생성되었고 이를 제거하려면 Ctrl+z를 누르거나 어셈블리 트리 옵션에서 "Hide"(숨기기)를 선택하여 수행하면 됩니다(그림 44).

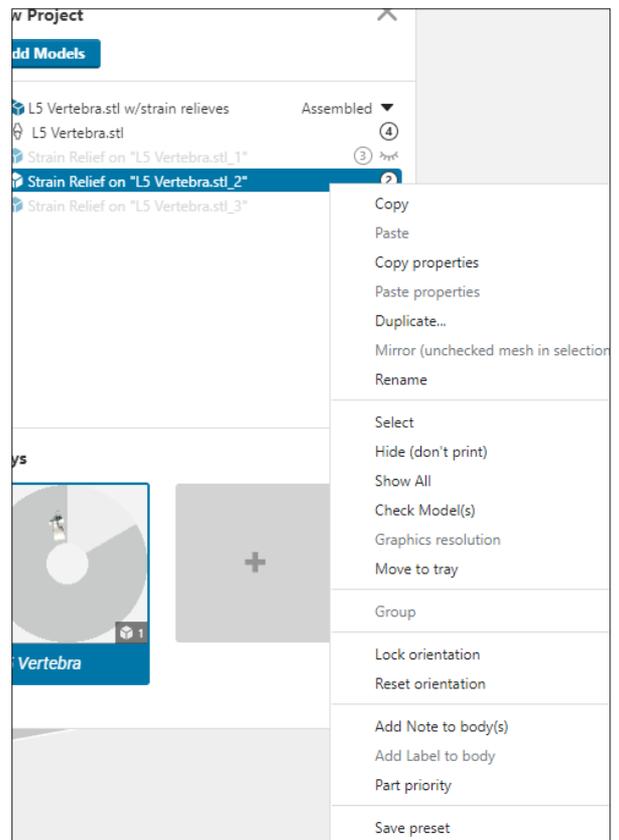


그림 44: 옵션 숨기기



Dissection(해부)

Dissection 도구를 사용하면 사용자는 타사 CAD 소프트웨어를 사용하지 않고도 모델에서 원치 않는 영역을 제거할 수 있습니다. 대부분의 경우 파일은 사용자가 필요한 것보다 더 많은 정보가 포함된 광범위한 스캔(CT, MR)에서 추출됩니다. 이러한 원치 않는 데이터로 인해 프린트 시간이 길어지고 재료가 추가로 소모됩니다.

Dissection 기능은 다른 플랫폼이나 소프트웨어 없이도 모델 복잡성을 최소화할 수 있는 간단한 프로세스를 제공합니다.

- a. 해부 아이콘을 클릭하여 선택한 모델 위 면을 봅니다(그림 45).

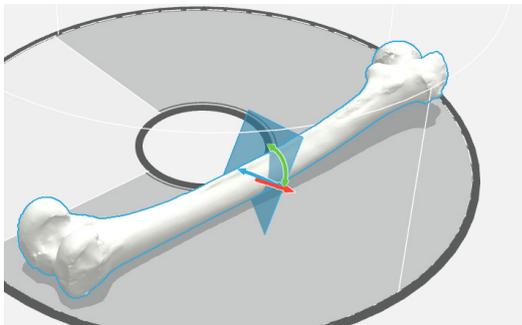


그림 45: 모델에 해부 평면 배치

- b. 컨트롤러를 사용하여 모델을 양분하려는 면을 조정합니다. Dissect(해부) 버튼을 클릭하면 모델이 두 부분으로 나뉩니다(그림 46).

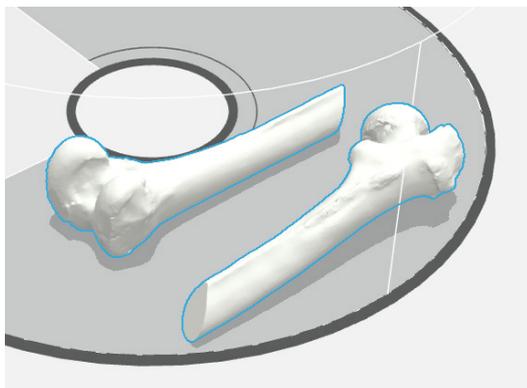
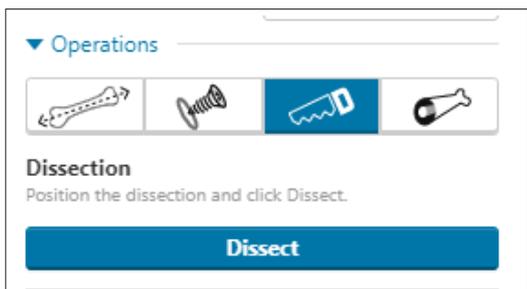


그림 46: 모델에 해부 평면 배치

- c. 두 부분 모두 자동으로 트레이에 별도의 STL로 배치되며 프린트하기 전에 둘 중 하나를 제거할 수 있습니다.
- d. 이 해부 작업을 필요한 만큼 여러 번 수행할 수 있습니다.

참고: 단일 부분에서만 Dissection 작업을 사용할 수 있습니다. 어셈블리에서는 작동하지 않습니다.

참고: Axis & Length(축 및 길이) 기능이 해부된 모델에 적용된 경우 두 절단 부분 모두 원래의 뼈 길이를 유지합니다. 이렇게 하면 뼈 내부 구조가 원래 뼈와 동일하게 유지됩니다.

Cross section (open end)(단면(수정 가능))

이 기능은 교육 목적과 의사와 환자 간의 소통을 위해 내부 뼈 구조를 보여줍니다. Cross Section 기능을 사용하면 뼈 모델에서 평면을 선택하고 내부 구조를 보기 위해 열어 둔 상태를 유지할 수 있습니다. 이 기능은 뼈의 다양한 내부 층과 경계를 표시하고 피질 및 해면골 조직과 골수가 침착된 위치를 보여줍니다(그림 47).



- a. Cross Section 옵션을 선택하면 선택한 모델을 제외하고 트레이의 모든 다른 모델이 투명해집니다(그림 48).

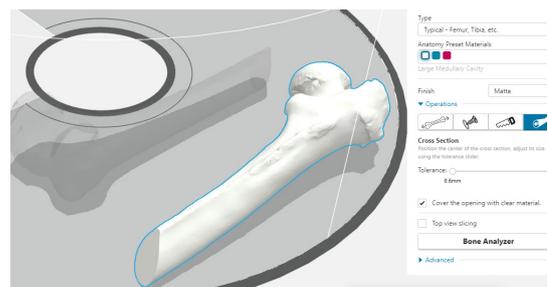


그림 48: 단면 선택



- b. 마우스를 모델 위로 가져가 평면 위치를 선택합니다.
- c. 공차 막대를 사용하여 모델 내부에서 선택한 평면의 두께를 제어합니다. 값은 0.6~5mm 범위 이내입니다(그림 49).

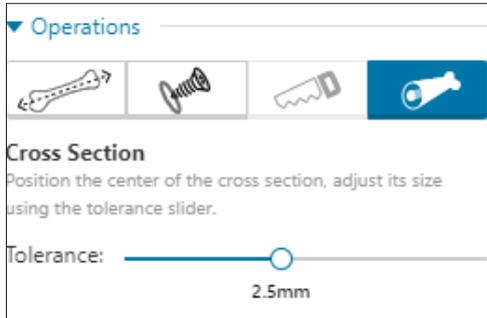


그림 49: 단면 공차

- d. 선택하면 표적 평면은 사실상 수정 가능으로 표시되며 물리적 모델을 절단하여 개방하는 효과가 시뮬레이션됩니다(그림 50).

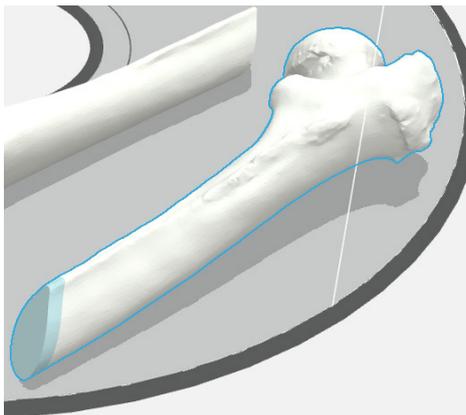


그림 50: GrabCAD 트레이에서 모델에 추가된 단면

- e. Bone Analyzer(뼈 분석기) 도구를 사용하여 선택한 평면이 모델에 미치는 영향을 정확하게 확인합니다(그림 51).

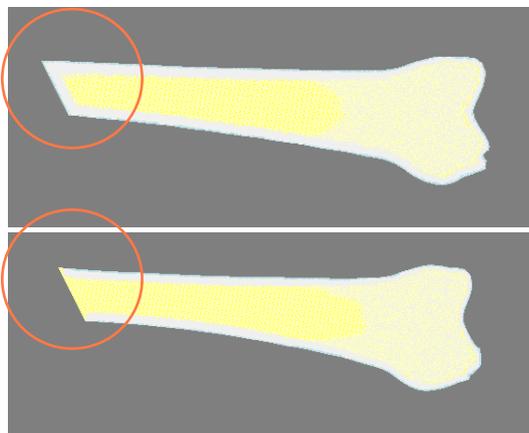


그림 51: Bone Analyzer(뼈 분석기) 뷰. 상단 - 단면 없음, 하단 - 단면 있음

- f. 시연을 위해 단면을 완전히 열어두거나 "Cover the opening with clear material"(투명 재료로 개구부 덮기) 상자를 선택하여 내부 구조를 그대로 유지할 수 있습니다(그림 52). 투명 코팅이 없으면 선택한 평면이 트레이에 표시되지 않고 어셈블리 트리에 숨겨진 개체로 추가됩니다. 투명 덮개를 추가하면 단면이 별도의 부분으로 추가되고 트레이에 시각적으로 표시됩니다. 다음 목록에서 투명 재료(예: MED610(높은 투명도), BoneMatrix(중간 투명도), ElasticoClear(낮은 투명도))를 선택할 수 있습니다.

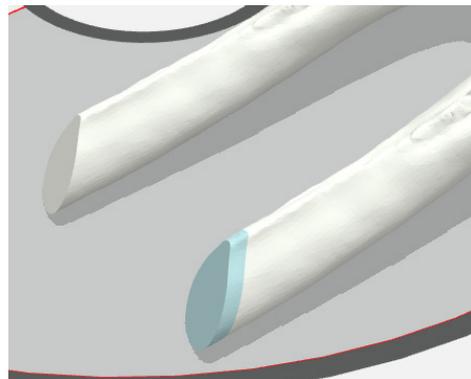


그림 52: 단면 덮음 및 덮지 않음 비교

참고: 평면에만 이 기능을 사용하십시오. 곡선, 가장자리 또는 뾰족한 부분에 사용하면 원치 않는 재료가 할당될 수 있습니다(그림 53).

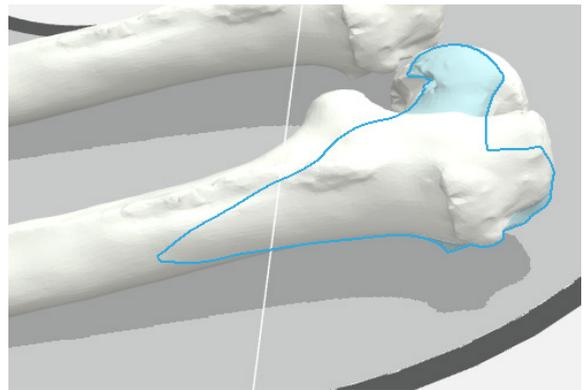
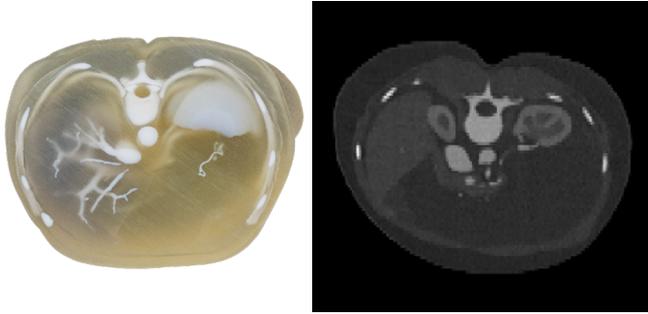


그림 53: 비평면의 단면



☢ 방사선학 계열



RadioMatrix는 방사선 불투과성 포토폴리머로, 사용자에게 사실적인 방사성 해부학 모델을 프린트할 수 있는 기능을 제공합니다. 다양한 기계적 특성, 탄성, 안정성 및 방사선 불투과성을 갖춘 3D 프린팅 재료를 혼합하면 프린트된 모델은 이전보다 더 정확하게 해부학적 구조를 모방할 수 있습니다.

모든 해부학적 구조의 HU 값을 보여주기 위해 다양한 비율로 혼합할 수 있는 3가지 유형의 재료가 있습니다.

- RadioMatrix: 고불투명도 재료
- TissueMatrix: 저불투명도 재료
- Vero 계열 및 BoneMatrix: 중간 불투명도 재료

이러한 재료는 방사선학 계열에서 사용 가능하며 다양한 해부학적 구조를 모방할 수 있는 광범위한 HU 값을 제공합니다.

1. 파일(STL) 준비

CT/X-ray로 프린트 및 스캔할 모델을 설계할 때 고려해야 할 몇 가지 사항이 있습니다.

- 어셈블리의 각 부분은 서로 다른 혼합물로 구성되므로 스캔 시 HU 값이 달라집니다.
- 더욱 쉽게 세척하고 모델 손상을 방지하도록 내부 부품에는 다량의 TissueMatrix를 사용하는 것이 좋습니다.

2. 트레이 정렬

- 방사선학 계열을 사용하려면 트레이에 RadioMatrix와 Vero 계열 재료 중 하나 이상을 적재해야 합니다.
- 선택할 수 있는 **Radio Values**(방사선 값)에는 두 가지가 있습니다. RadioMatrix를 사용한 방사선 불투과성 재료 혼합의 경우에는 **High**(높음), TissueMatrix를 사용한 방사선 불투과성 낮은 재료 혼합의 경우에는 **Low**(낮음)입니다(그림 54).

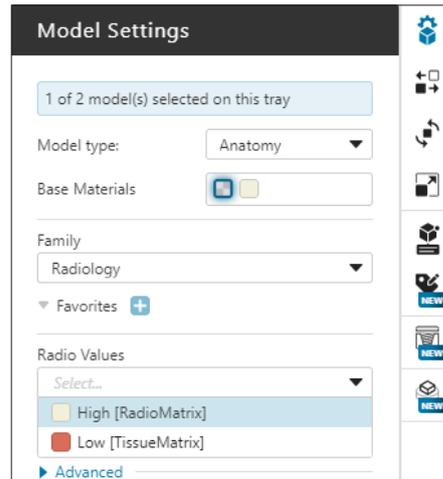


그림 54: 방사선학 계열의 방사선 값

- **Radio Values - High** 또는 **Low**를 선택하면 **Color**(색상) 메뉴를 사용할 수 있어 VeroVivid 계열, MED610 또는 BoneMatrix 중에서 두 번째 재료를 선택할 수 있습니다(그림 55).

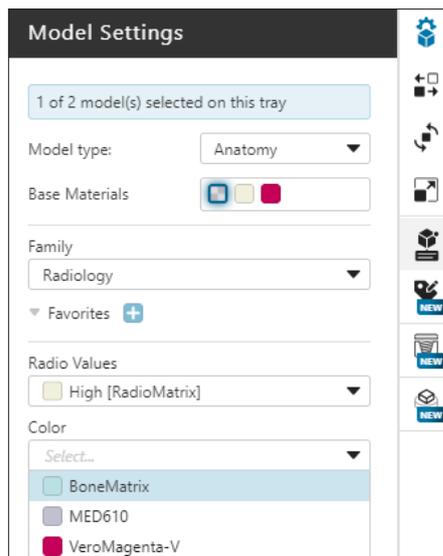


그림 55: 방사선학 계열에서 색상 선택



- 슬라이더를 사용하여 비율을 선택할 수 있습니다(그림 56).

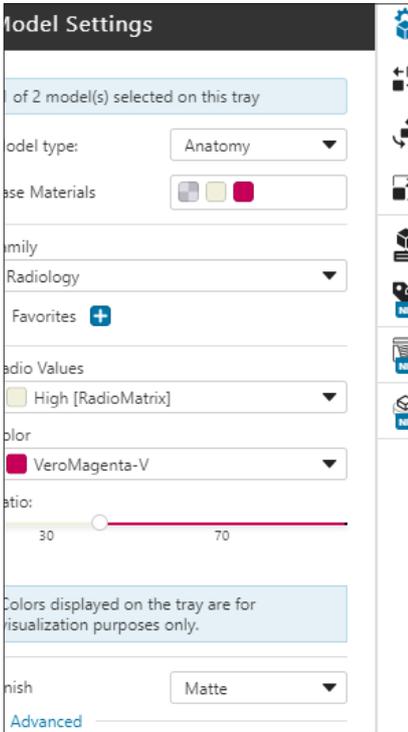


그림 56: 비율 선택

참고: Base Materials(기본 재료)에서 선택하거나 슬라이더를 오른쪽 끝까지 이동하여 100-0 비율을 선택하면 RadioMatrix 재질을 순수하게 프린트할 수 있습니다(그림 57). TissueMatrix의 비율은 프린터와 구성 요소를 손상시킬 수 있는 기계적 특성으로 인해 최대 95%입니다(그림 58).

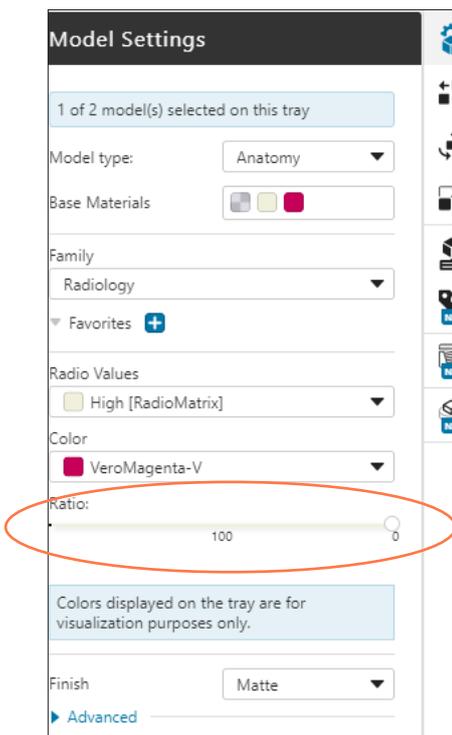


그림 57: Pure RadioMatrix 선택

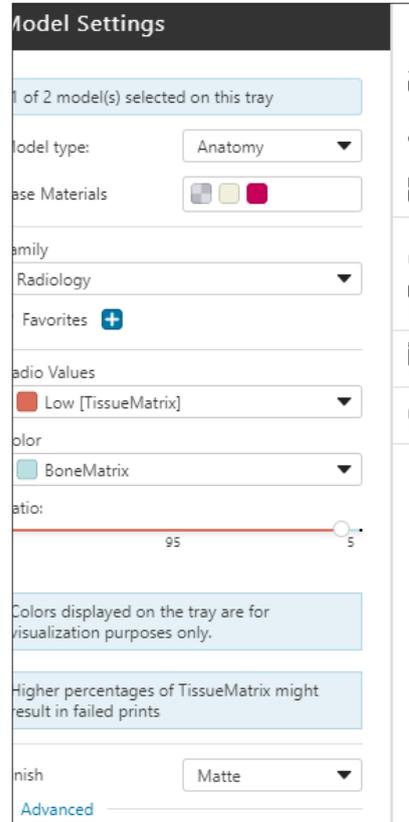


그림 58: TissueMatrix 제한 사항

- 혼합물이 생성되면 **+** 아이콘을 클릭하여 "Favorites"(즐거찾기) 메뉴에 저장할 수 있습니다.
- 이름에는 재료와 비율이 포함되며 이름을 변경할 수 없습니다(그림 59).

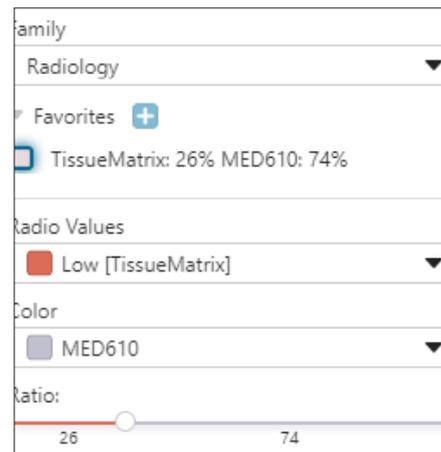


그림 59: 방사선학 계열의 즐겨찾기



- 선호하는 재료 혼합물은 Anatomical Material Manager(해부학 재료 관리자)에도 추가됩니다(그림 60).



그림 60: Anatomical Material Manager의 즐겨찾기

- Favorites 목록에서 재료 혼합물을 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하여 제거하거나 Anatomical Material Manager를 사용합니다(그림 61).

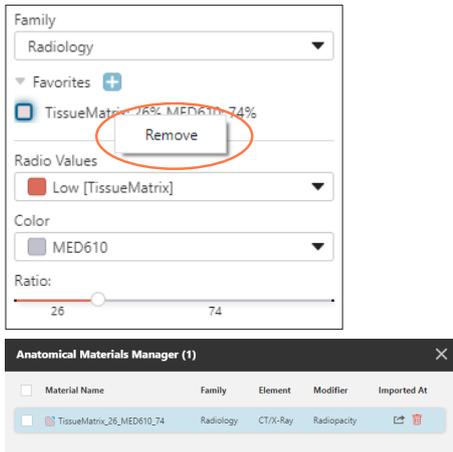


그림 61: 즐겨찾기 제거

- 트레이의 형상은 보여주기용입니다. 모델은 프린트할 때처럼 그대로 나타나지 않으며 혼합물에 MED610 재료를 사용하지 않으면 투명도 특성을 유지하지 않습니다(그림 62).

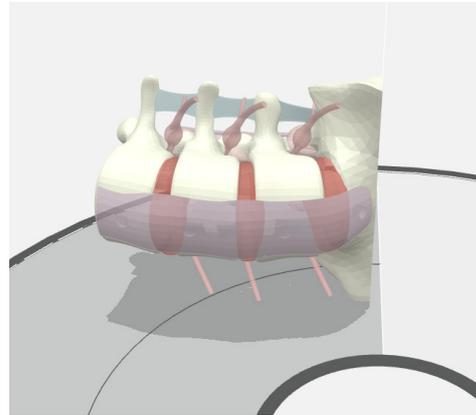


그림 62: 방사선학 계열- 트레이 시각화

3. 후처리

사실적인 방사선 모델 정리는 다른 모델과 동일합니다. 워터젯을 사용하여 모델에서 서포트 재료를 제거합니다. 표면 부분에 TissueMatrix를 다량 사용한 경우 저압으로 또는 직접 세척합니다.

선정되지 않은 부분에는 가성소다 용액을 사용합니다.

RadioMatrix 개발 및 기능에 대한 자세한 내용은 [연구 보고서](#)를 참조하십시오.

문제 해결 팁

ElasticoClear로 프린트할 경우 광택 마감으로 프린트하면 프린트된 모델이 더 끈적거릴 수 있으므로 무광 마감으로 프린트하는 것이 좋습니다.

정지/재개

이유에 관계없이 프린트가 프린트 중간에 중지되는 경우 다음 두 가지 옵션이 있습니다.

- 프린트를 중지하고 작업을 다시 전송합니다.

- 프린트를 재개합니다.

1. 작업이 중지되면 프린트로 다시 전송하기 전에 오류 메시지에 따라 원인을 처리해야 합니다.
2. 종지와 재개 간의 시간이 30분을 초과하면 TissueMatrix로 프린트한 모델을 재개하면 안 됩니다. 재료에 액체 형태로 나타나는 무반응체가 있기 때문입니다. 시간이 오래 경과하면 다음 층이 이전 층과 연결되지 않도록 방지하는 분리 층을 만듭니다.



3. TissueMatrix로 프린트된 출력을 재개하려면 다음을 수행합니다.

- a. 프린트 헤드에 Purge(퍼지)를 수행합니다.
- b. 에탄올을 묻힌 섬유가 없는 천을 사용하여 모델 윗면을 닦아냅니다.
- c. 모델 표면을 닦아 새로운 무반응제 표면이 없는지 확인한 후 즉시 프린트를 재개합니다.

참고: 이러한 단계를 수행한 후에도 프린터가 일시 중지되기 전에 프린트된 층의 프린트된 모델에 선이 나타날 수 있습니다.

4. GelMatrix로 프린트한 모델은 고품질 모델을 보장하기 위해 프린터가 중지된 직후에 재개해야 합니다. 정지하면 혈관 모델에 약한 부위가 생성되어 세척 중에 파열될 수 있습니다.

5. GelMatrix 또는 TissueMatrix를 포함하지 않는 General 및 Bone 모델을 포함한 다른 모든 모델에서는 일시 중지 층에 보이는 선을 제외하고 문제 없이 프린트가 재개될 수 있습니다.

6. Vero 재료를 RadioMatrix로 교체하는 경우 하루가 끝날 때 교체하는 것이 좋습니다. 남은 Vero 재료가 하룻밤 동안 가라앉은 후에 "Flash Again"을 선택하여 파이프를 완전히 세척합니다.

참고: 이 절차는 권장 사항입니다. "Flash Again"을 사용하지 않으면 프린트된 모델에 시각적 오염이 발생할 수 있습니다. 스캔의 방사선 불투과성 수준은 RadioMatrix 실험실 보고서에 지정된 대로 여전히 60HU 범위 내에 있습니다.

J5 Digital Anatomy 기술 응용 가이드는 해부학적 모델을 성공적으로 만들기 위한 모범 사례를 공유하기 위해 제공됩니다. 이는 일반적인 프로젝트에 도움이 되는 팁과 지침을 제공하여 귀하의 노력을 지원하기 위한 것입니다. 소셜 미디어에서 Stratasys를 팔로우하여 다른 사람들이 이 강력한 프린터를 어떻게 사용하는지 확인하고 자신의 사례를 자유롭게 공유하십시오.



서울특별시 금천구 가산디지털 1로 19(가산동 670-2),
대륭테크노타운 18차 302호

TEL : 02-6959-4113

E-mail : marketing@prototech.co.kr

GET IN TOUCH.
www.prototech.co.kr

ISO 9001:2015 인증

기술 응용 가이드
의료