

동물실험계획 승인신청서

접수일자 : 2026 . 03. 13.

연구 과제명	(국문) 광학이미징 및 융합기술 개발을 통한 척수 부분손상과 회복기전 연구			
	(국문) 광학이미징 및 융합기술 개발을 통한 척수 부분손상과 회복기전 연구			
연구 책임자	성 명	정웅규	직 위	교수
	소 속	UNIST / 바이오메디컬공학과		
	연락처	C.P)052-217-2542 TEL)010-8464-0110	E-mail	wgjung@unist.ac.kr
	동물실험윤리교육 이수번호		K-2021-46434636	


* 동물실험계획 심의 후 승인 된 건에 한해서만 승인번호를 부여합니다. *

[윤리적 동물실험 방법의 준수]

- 본인은 UNIST 동물실험윤리위원회(Institutional Animal Care and Use Committee) 규정 및 동물실험 관련 법규를 준수할 것을 약속합니다.
- 본인은 제출한 계획서의 실험 방법을 준수할 것이며 방법 또는 실험동물 마리 수 등 계획을 변경할 경우 변경신청서를 통해 동물실험윤리위원회에 이를 알리고 동의를 얻을 것입니다.
- 본인은 동물이 참을 수 없는 고통을 호소하거나 질병에 이환되었을 때 안락사를 포함한 수의사의 응급조치가 이루어지는 것에 동의합니다(응급조치 전에 수의사의 지시가 있을 것입니다).
- 생체효능검증실 시설을 이용하여 동물실험에 참여하는 경우, 해당 하는 모든 연구자는 생체효능검증실 이용자 교육과 동물실험윤리 교육을 이수하였습니다.
- 본 계획서와 연관이 있는 논문 발표 후 해당 논문에 대한 정보를 위원회에 제공할 것입니다.
- 과제 승인 기간은 최대 1년임을 확인하였으며, 1년이 초과할 경우 기간 만료 전 재승인(연장)신청을 통해 동물실험윤리위원회에 이를 알리고 동의를 얻을 것입니다.

계획서에 기재된 사항들은 정확하며 위 사실의 위반 시 동물실험 및 동물실험시설의 이용 제한을 포함한 불이익을 감수할 것을 아래와 같이 서약합니다.

2026년 03월 13일

연구책임자 _____ 정웅규 ()



1. 실험 수행 기본 정보 (Information of Investigators)

1-1. 동물실험 수행자에 대한 정보를 기입하여 주십시오.

성명 (Name)	소속 (Department)	직급 (Position)	연락처(Contact) (Cell-phone#)	동물실험윤리교육 이수번호	연구자의 역할 (Role) (담당연구자/참여연구자)
정웅규	바이오메디컬공학과	부교수	010-8464-0110	BIC Study-202405-1248	수술 (연구책임자)
최선영	바이오메디컬공학과	대학원생	010-2930-4311	2022-IBS-78	수술,조직채취,안락사 (관리담당연구자)
김명주	바이오메디컬공학과	대학원생	010-5686-8427	BIC Study-202603-617	수술,조직채취,안락사 (참여연구자)
이은지	바이오메디컬공학과	대학원생	010-3958-4420	BIC Study-202601-049	수술,조직채취,안락사 (참여연구자)
백연우	바이오메디컬공학과	연구원	010-5916-1388	BIC Study-202603-587	수술,조직채취,안락사 (참여연구자)
이상진	바이오메디컬공학과	대학원생	010-5523-4401	BIC Study-202601-170	수술,조직채취,안락사 (참여연구자)

* 동물실험을 수행할 모든 연구자를 기입하기 바라며, 각 연구자가 실험 중 어떤 역할을 하는지 기입해주시고.

연구책임자가 직접 동물실험을 수행할 경우 아래와 같이 위 란에 해당 정보를 기입하여 주시기 바랍니다.

* 관리담당연구자는 동물실험윤리위원회(IACUC) 및 생체효능검증실과 연락 및 관련 업무 관리를 담당해야 합니다.
반드시 한 명 이상 지정해야 합니다.

1-2. 실험수행 기간

동물실험윤리위원회 승인일 ~ 2027년 2월 28일 까지 / 총 (2)년 중 (2)년째

* 1회 과제 승인 기간은 최대 1년이며, 1년을 초과하여 실험이 진행 될 경우, 반드시 기간 만료 전 재승인(연장) 신청이 이루어
져야 합니다.

* 재승인 신청은 최대 2회(총 연구기간 3년)까지 가능합니다.

2. 동물실험의 범주 및 종류 (Grade and Procedure of Study)

2-1. 동물실험의 범주를 선택하여 주십시오. (Level of Pain)

	Grade A: 죽은 생물체를 이용하는 실험 또는 식물, 세균, 원충 또는 무척추동물을 이용한 교육 또는 연구
	Grade B: 척추동물을 사용하지만 거의 스트레스를 주지 않는 교육 또는 연구
	Grade C: 척추동물을 대상으로 단시간의 경미한 통증 또는 스트레스가 가해지는 교육 또는 연구
V	Grade D: 척추동물을 대상으로 중등도 이상의 고통이나 억압을 동반하는 교육 또는 연구
	Grade E: 척추동물을 대상으로 극심한 고통이나 억압 또는 회피할 수 없는 스트레스를 동반하는 교육 또는 연구

2-2. 동물실험의 종류를 선택하여 주십시오. (V) (Select Procedure)

V	시료의 투여 및 접종 (Material injection or inoculation)	V	재료 및 시료의 채취 (Sampling)	유전 및 육종 (Genetics or Breeding)
V	외과적 처치 (Surgical procedure)		방사선 조사 (Irradiation)	감염 (Infection)
V	생리적 상태 및 행동 관찰 (Observation of physical status or behavior)		발암 (Carcinogenesis)	기타 (Other)

3. 실험동물 (Laboratory Animals)

- * 생체효능검증실험로 동물을 반입할 경우, 지정된 동물생산회사에서는 신청 후 다음 주에 반입 가능합니다.
(대한바이�링크, 오리엔트바이오, 중앙실험동물)
- * 지정되지 않은 동물생산회사 및 연구협력기관(국내외)으로부터의 동물 반입을 원하실 경우 health report(최근 18개월 분량), SPF certification을 사전에 제출하셔야 합니다.

구분	1	2	
품종(Species)	mouse	Rat	
계통명(Strain)	C57BL/6	SD	
유전자형 (Genotype_)	Wild(V) GEM()	Wild(V) GEM()	
성별(Sex)	M	M	



일령, 주령(Age)	8wks		8wks			
체중(Weight)	20~30g		350~500g			
수량(Numbers)	243		90			
미생물 성상 (Microbiological status)	germfree	SPF	germfree	SPF		
	gnotobiotic	conventional	gnotobiotic	conventional		
공급처(시설명) Source(vender)	Hyochang Science (Daehan Biolink), Orient Yeungnam branch (Orient)		Hyochang Science (Daehan Biolink), Orient Yeungnam branch (Orient)			

* 필요한 경우 동물정보 입력 칸은 추가하여 입력가능 하며, 추가하실 경우 위 표를 [복사]해서 이 줄에 [붙여넣기] 하시면 됩니다.

4. 동물실험 대체법과 불필요한 동물실험의 금지 (Alternatives and Rationale for Animal use)

* 가능하면 동물실험을 줄이기 위한 노력을 확인하고자 합니다.

4-1. 동물실험의 타당성을 확인하기 위한 것입니다. 다음 사항을 기술하여 주십시오.

(To verify the validity of animal experiments. Please describe the followings.)

정보 확인처 또는 데이터 베이스(Data References):

1. Serial optical coherence microscopy for label-free volumetric histopathology (2020)
2. TRANsCre-DIONE transdifferentiates scar-forming reactive astrocyte into functional motor neuron (2020)
3. Directing astroglia from the cerebral cortex into subtype specific functional neurons (2010)
4. Induction of Complete Transection-Type Spinal Cord Injury in Mice (2020)
5. Astrocytic monoamine oxidase B (MAOB)-gamma-aminobutyric acid (GABA) axis as a molecular brake on repair following spinal cord injury (2025)
6. H2O2-induced astrocytic collagen triggers neuronal death in ischemic stroke (unpublished)

동물 종 선택의 적절성(Appropriateness of the selected species):

C57BL/6 및 SD 성격이 온순하며 척수 및 뇌 연구에서 가장 일반적으로 사용하고 있음.

사용동물 수에 대한 적절성(Appropriateness of the number of animals):

데이터 베이스의 5번 논문에서, Rat과 mouse의 척수 손상에 대한 회복 기전에 차이가 있음을 확인함. 다양한 동물 종에서 일치하는 결과를 얻기 위해 동물 종 및 실험을 추가함

사용 동물은 그룹당 10마리, 4그룹이 필요할 것으로 예상됨. (필요에 따라 sham group도 요구 된다면 *2배.)

group	Mouse for behavior, serial optical coherence micscopy(SOCM) imaging, staining (#)
SCI+vehicle	10
SCI+Drug	10
SCI+Rehab	10
SCI+Drug+Rehab	10

N 수로 40마리를 잡은 이유는, SCI, SCI+rehab, SCI+KDS, SCI+rehab+KDS 한 그룹당 최소 10마리 이상은 있어야 behavior 분석 시 통계적 근거가 있기 때문이다. 또한 모델링시 생존률이 높지 않으며, 생존 시간에 따른 결과 관찰이 필요하기 때문에 최

소한 10 마리의 샘플이 필요하다.

위 그룹은 아래 수술이 요구됨

(1) Traumatic spinal cord injury (SCI) modeling (compression)

: T10 spine 아래 spinal cord를 self closing forceps으로 3초간 집어 하반신 마비 모델링을 함.
근육과 T10 척추 뼈를 절개하고 compression 후 하반신 마비 모델을 만들고, virus를 injection 하는데 이때 성공률이 약 80% 정도 되며, mortality도 약 20% 정도 된다. 따라서 수식은 목표 n수/0.8 (생존률)*0.8 (모델형성률)이다. 각 그룹당 10마리씩, 4그룹을 만들려면 $40/(0.8*0.8)=62.5$ (약 63)마리

group	Mouse for in vivo imaging (#)
SCI+vehicle	5
SCI+Drug	5
SCI+Rehab	5
SCI+Drug+Rehab	5

(2) Spinal window 삽입술 (mouse)

(1)을 진행하고 2주 뒤 Spinal window 삽입술을 진행함.
절개했던 T10을 다시 절개하여 자체 개발 윈도우를 삽입하는데 이때 실험 성공률이 50% 정도로 낮을 것으로 예상되며, mortality도 30%로 높을 것으로 예상된다. 따라서 수식은 목표 n수/(0.5 (생존률) * 0.7 (모델형성률))이다. Spinal window in vivo imaging은 group당 5마리씩만 있어도 충분할 것으로 예상됨.

(1)~(2) 실험에서 최종적으로 20마리를 확보하기 위해서는 $0.8*(1-0.2)=64\%$ 가 두 번째 실험에 참여할 수 있음.
두 번째 실험에서는 $0.5*(1-0.3)=0.35\%$ 의 동물이 두 번째 실험 후에도 살아남을 것임.
최종적으로 20마리가 살아남도록 두 번째 실험에 필요한 동물 수를 계산하면, $20/0.35=57.1$ (약 58) 마리.
첫 번째 실험 후 57.1 마리가 두 번째 실험에 참여해야 하므로 $57.1/0.64=89.28$ (약 90) 마리.

(3) Cranial window 삽입술 (Rat, mouse)

Spinal level 뿐만 아니라, cortical level에서도 척수 손상 회복 시 neuron의 발화 패턴이 어떻게 변화 하는 지 확인하는 것이 필요함. 따라서 cranial window 삽입도 추가로 진행함.

척수 손상 후 spinal cord window를 삽입하고, cranial window를 삽입하는 순서로 진행함. cranial window 수술은 mortality가 낮기 때문에 (10% 미만) spinal cord window 수술의 성공률과 생존율을 고려 해야 한다. spinal cord window 이식의 성공률은 50%, mortality는 30%로, 수식은 목표 n수/(0.5 (생존률) * 0.7 (모델형성률))이다.

(3) 실험에서 최종적으로 20마리를 확보하기 위해서는 1)~2)번 시술이 성공한 마우스들이어야 하기 때문에, $57.1/0.64=89.28$ (약 90) 마리.

(1) traumatic SCI: 63마리

(2) spinal window: 90마리

(3) cranial window: 90마리

$63+90+90 = 243$ 마리의 mouse가 필요함.

Rat은 3번 실험만 진행할 예정으로 90마리가 필요함

5. 실험동물의 사육관리 (Husbandry Management)

- * 생체효능검증실 이용자 교육을 이수하지 않은 연구자는 생체효능검증실에 출입할 수 없습니다.
- * 생체효능검증실에서 사육되는 실험동물은 수의사와 실험동물 기술사에 의해 사육관리가 수행됩니다.
- * 생체효능검증실에서는 정기적으로 미생물 모니터링과 환경모니터링을 실시합니다.

5-1. 실험동물 사육장소 (V) (Housing Zone)

	Small animals zone		Return animal zone
	BSL-2 zone	V	Others (110-709)

- * 생체효능검증실 이외 시설에서의 사육 또는 실험 시 해당 건물명, 층·호수, 연구실 명 등을 기재하여 주시기 바랍니다.

5-2. 실험에 필요한 특수한 반입 물품 (Special Materials)	No search remarks (v)
생체효능검증센터에 반입이 필요한 장비 및 도구:	
수술도구	
특정사료 공급:	V
그 외 기타:	V

- * 생체효능검증실에서 제공하는 물품 이외의 장비 및 도구를 연구자가 실험실 내로 직접 반입하고자 하는 경우, 사전에 담당자와 협의 후 멸균하여 반입

5-3. 실험동물 사육구역 이외의 장소로 실험동물 이동(Relocation)	No search remarks (v)
장소:	
110동 709	
사용장비:	
Opical coherence tomography(OCT), Optical coherence microscopy(OCM)	
실험내용:	
채취한 Spinal Cord, Brain을 OCT, OCM 이미지 촬영 In vivo 상태에서 window를 삽입 후 행동 경과를 관찰	

- * 생체효능검증실 SPF 구역 내의 mouse, rat은 외부 반출 후 SPF zone으로의 재반입이 불가능합니다.

- * 동물이 반출되는 모든 경우, 반출되기 최소 2일전에 허가를 받아야 합니다. (반출신청서 작성하여 제출)
- * 실험동물 사육구역(4zone) 내에서 해당 구역 이외의 장소로 동물을 이동시켜 실험할 경우 장소, 이용 장비 및 연구 내용을 기재하여 주십시오. (생체효능검증실 지하층 영상분석실은 사육구역에 포함되지 않습니다.)

5-4. 사료 및 음수 제한 (실험과정 중 실험동물의 사료 및 음수 섭취를 강제적으로 제한 할 경우) (Restriction of Feed and Water)	No search remarks (v)
실험기간	V
방 법	V



1회 처치 시간		V
반복 횟수		V
제한 사유		V

5-5. 실험 기간 중 운동제한 (실험과정 중 실험동물의 운동을 강제적으로 제한할 경우) (Require of Mechanical Restraint)		No search remarks (v)
실험기간		V
방 법		V
1회 처치 시간		V
반복 횟수		V
제한 사유		V

6. 실험동물의 수의학적 관리 (Veterinary care)

- * 실험과정 중 또는 종료 시에 실험동물의 고통을 줄이기 위해서 적절한 조치를 취해야 합니다.
- * 해당 약제에 표시하여 주십시오. 기타 약제일 경우 기타 난에 기입하여 주십시오.
- * 약품 구입시 처방전이 필요할 경우 생체효능검증실에서 발행해 드립니다.
(문의 : 생체효능검증실 수의사 이윤진, T.5214, leeyj0926@unist.ac.kr)

6-1. 실험 중 실험동물의 고통 관리(마취제/ 용량/투여방법/횟수) Pain Control (description of agent name, dose and route)		실시자 (Operator)	No search remarks (v)
진정/마취제 (Tranquilization/Anesthesia)	Isoflurane/ 2%/ 흡입식	최선영	
진통(Analgesics)			
기타방법(Others)			

6-2. 안락사 방법 (Method of Euthanasia)	Operator
CO ₂	최선영

- * 일반적으로 물리적 방법(경추탈골, 단두)보다 화학적 방법(흡입약제, 주사제, CO₂)을 권장합니다.
- * 안락사에 대한 2007년 미국 수의사회 가이드라인(AVMA Guideline on Euthanasia : Formerly Report of the AVMA Panel on Euthanasia, 2007) : <http://www.avma.org/resources/euthanasia.pdf> 참고

6-3. 수술 후 관리(*생존성 수술인 경우, 약제종류/용량/투여방법/횟수 등) (Postoperative Care (Describe agent name, dose and route in the survival surgery))		실시자 (Operator)	No search remarks (v)
항생제 투여 (Antibiotics Therapy)	Cefazolin (10mg/100ul) / 피하주사, Ketoprophen (1ul/g) / 피하주사	최선영	
진통제 투여 (Analgesics Therapy)	염산부피바카인 0.5% / 3-5ul/g	최선영	



기타 (Others)

6-4. 인도적인 실험 종료의 기준 (*만약 인도적인 안락사 기준이 필요 없을 시라도 그 사유에 대하여 기술해 주십시오.) (Criteria of Endpoint in Animal study (*If don't need criteria, describe what the reason))

No search
remarks (v)

실험 중 임상증상의 발현 등이 관찰되거나 감염 등으로 인해 비슷한 주령의 정상동물의 체중과 비교하여 20%이상의 체중감소가 있을 시 실험을 중단하고 안락사 예정
하반신 자해가 심해서 하체 부종과 손상이 생길 경우 실험을 중단하고 안락사 예정

* 동물에 극도의 통증 또는 스트레스를 가하는 결과가 예상되는 경우, 적절한 중재, 인도적인 실험종료(humane endpoint) 또는 안락사를 취하기 위한 기준을 제시하여 주십시오. (예: 통증으로 인한 사료섭취량의 감소나 정상 체중의 20% 이상 체중감소 시, 정상 체중의 10%를 초과하는 종양의 형성, 발암 실험의 경우 암 병소의 지름이 20mm이상 발생 시 등)

7. 생물학적 위해 물질 실험 (Animal Study using Biohazards)

- * 안전성 관련 서류를 계획서에 첨부해 주십시오. (예: RI 동위원소의 경우 "방사성동위원소 사용허가증" 첨부, 생물학적 안전도에 대한 근거자료 및 LMO신고서류 등)
- * Infectious agent의 경우 미국 CDC의 Biological level을 참조하시기 바랍니다. 판매처에 근거자료를 요청하시면 편리합니다.
- * 생체효능검증실은 BSL 1~2 등급의 생물학적 위해물질을 이용한 동물실험이 가능한 시설입니다. 그 외 병원균을 이용한 실험은 생체효능검증실로 문의해 주십시오. (이용 가능 물질 : 유전자재조합지침 별표2 참고)

7-1. 실험과정 중 방사선 핵종, 생물학적 물질, 위험 화학물, 재조합 DNA 등을 투여하는 경우 (Injection of Radionuclides, Biological agents, hazardous chemicals, recombinant DNA and Others)

No search
remarks (v)

투여 물질(Agent):

용량 및 횟수(Dose):

투여 방법(Route):

처리 방법(Disposal Method):

위해도 유무 및 정도(Infectious potential of Biohazards):

V

동물 → 사람 전염 가능성
(Animal to person)

동물 → 동물 전염 가능성
(Animal to Animal)

생물 유해 물질이 동물에서 배출될 가능성
(Excretion)

배출 경로(Excretion route) :

7-2. 생물학적 안전도 (생물학적 물질을 투여하는 경우)(v)
(Bio-safety Level)

No search
remarks (v)

Grade

BS- I

BS-II

BS-III

BS-IV

V

8. 동물실험의 내용 (Outline of Animal Study)

- * 실험동물에 행해지는 동물실험의 내용에 관하여 상세히 기술해 주십시오.
특히 실험동물을 각 군으로 나눌 경우 이에 관하여 상세히 기술하십시오.
- * 비전문가도 이해할 수 있는 용어로 써주시고, 인간과 동물복지, 학문 및 사회발전에 미치는 영향에 대해 설명하여 주십시오.
- * 필요한 만큼 칸을 확장하여 기술해 주십시오.
- * 필요한 경우, 관련 서류를 첨부해 주십시오.

8-1. 동물실험의 목적과 예상되는 성과 (Objective and Expected Results of Animal Study)

외상성 척수 손상(Traumatic spinal cord injury, SCI)은 신경 세포의 비가역적인 사멸과 신경교 흉터 형성을 초래하여, 영구적인 운동 및 감각 기능 장애를 유발합니다. SCI의 흉터 병리 과정은 급성, 아급성, 만성 단계로 구분할 수 있습니다. 한국에서는 매년 약 3,872건의 척수 손상이 발생하며, 이 중 절반가량이 완전 마비로 이어집니다. 척수 재생을 촉진하기 위한 다양한 시도가 있었으나, 현재 SCI 환자에 대한 치료는 통증 관리와 재활 프로토콜에 국한되며, 신경 세포 생성이나 기능 회복을 위한 효과적인 치료법은 여전히 부족한 실정입니다. 본 연구는 이러한 치료 한계를 해결하기 위한 통합적 접근법과 이를 평가하기 위한 첨단 바이오 이미징 기술을 제안합니다.

본 연구는 SCI 시 생성되는 glial scar가 neuronal regeneration을 억제한다는 관점에서 시작합니다. Acute SCI가 발생하면 정상세포는 H₂O₂, ATP 및 기타 인자에 반응하여 활성화됩니다. 아급성 및 만성 단계에 이르면 활성화된 정상세포는 손상된 조직과 건강한 조직을 분리하는 glia scar를 형성하고, 다양한 사이토카인과 케모카인을 분비하여 면역 반응을 매개합니다. 하지만 이 과정에서 H₂O₂와 GABA 등의 부산물이 생성되며 신경 재생이 저해됩니다. 따라서 본 연구는 H₂O₂ scavenger인 KDS12025와 MAO-B 억제제인 KDS2010을 활용하여 정상세포의 과도한 반응성을 완화 함으로써 glia scar 형성을 억제합니다. 이들 약물은 reactive astrogliosis를 억제하는 데 효과가 있으나, 완전히 차단하지는 못합니다. 따라서 약물 치료와 함께 잔여 reactive astrocyte를 운동 뉴런으로 transdifferentiation 하고, 기능 회복을 극대화하는 재활 프로토콜이 포함되어 있습니다. 그뿐만 아니라, 프로토콜의 효능을 검증하기 위해 첨단 바이오 이미지 처리 기술을 접목하여 세밀한 분석을 진행할 계획입니다. SCI 정량 분석은 조직학적 염색 기법(EC staining, IHC 등)에 국한되었습니다. 그러나 기존의 조직학적 염색법은 2D image로, 면밀한 volumetric analysis가 불가능하였습니다. 이를 극복하기 위하여, Serial optical coherence microscopy 기술을 사용하여 Injury size에 대한 3D volumetric analysis를 진행함으로써 손상 회복 척도를 면밀하게 분석할 것입니다. 그뿐만 아니라, Spinal window와 cranial window를 제작하여 in vivo에서 Injury가 회복되고, reactive astrocyte가 motor neuron으로 transdifferentiation 되는 것을 시간 척도별로 확인할 뿐만 아니라, 이에 따른 cortical level에서 neuroplasticity 변화 및 신경 재생의 메커니즘을 시각화하려고 합니다. 이와 같이, 다양한 접근법을 융합하여 최대한의 기능 회복을 기대하고 증명하여 척수 손상으로 인한 반신 마비 치료의 가능성을 제시할 것입니다.

8-2. 동물실험 계획 및 방법 (구체적인 기술)

(Schedule and Methods of Animal Study (Describe detail))

실험 1)

Spinal cord window (SCW) development

기간: 2025년 3월~2025년 12월: Spinal cord window (SCW) design, 이식 절차 수립 및 프로토콜화

2% Isoflurane 호흡 마취시킨 마우스의 등 근육을 절개하고 T10 spine을 절단 한다. 노출된 spinal cord를 self-closing forceps으로 3초간 압박한다. 압박 손상부 양 옆 1 mm 떨어진 부위에 TRANsCre-DIONE virus injection을 진행한다. 이후 SCW를 이식하고, 수술한 당일부터 KDS2010 (10 MPK)과 KDS12025 (10 MPK)를 oral administration 한다. (최소 2주간. 기간 상의 필요) 2주 후, rehabilitation (treadmill 20분, 주 5회) 진행한다. 수술 후 매주 BMS scoring을 진행한다. 10주 후, IHC, EC staining, SOCM, OCT imaging을 진행한다.

experiment	Mouse 필요량			
	SCI+vehicle	SCI+Drug	SCI+Rehab	SCI+Drug+KDS
800nm Serial OCM	4	4	4	4
Circular scanning OCT	4	4	4	4
EC/IHC staining	2	2	2	2
Total	10	10	10	10

실험 2)

Spinal window and cranial window in vivo Imaging

기간: 2026년 1월~ 2026년 3월: Spinal cord window 및 Cranial window를 통한 *in vivo* 형광 이미징 및 locomotion (BMS) 측정

2026년 4월~2026년 5월: sacrifice 후 실험 (SOCM, OCT, EC staining, IHC..)

2026년 06월~2027년 08월: 데이터 분석 및 논문 작성

실험 1의 SCI modeling을 선행 진행하고, window 삽입술을 진행한다. 마찬가지로 2% Isoflurane 호흡 마취 후, T10 척추를 절개 (절개 부위는 Thoracic, Lumbar, cervical 실험 목표에 따라 변함) 후 척추 뼈를 제거, Window를 삽입(window 삽입 방법은 window 별로 상이하다). brain-spinal cord의 bidirectional change를 보는 경우, spinal cord window를 이식한 후, cranial window 시술을 추가로 진행한다.

experiment	Mouse 필요량			
	SCI+vehicle	SCI+Drug	SCI+Rehab	SCI+Drug+KDS
Live OCT	2	2	2	2
IVIM (or two photon)	3	3	3	3
total	5	5	5	5

Window를 삽입 후 1.5%의 isoflurane 흡입 마취를 하며 위 Imaging 장비를 이용하여 Injury 회복 양상을 관찰.

1-1. Transdifferentiation 정도를 보는 경우: IVIM 혹은 2 photon microscopy로 Neurogenin2가 발현되었을 때 발생하는 GFP signal 확인. 삽입 직후, 매 24시간 마다 imaging 예정. Axonal regeneration에 시간이 걸리는 것으로 판단될 경우, imaging interval 변경될 가능성 높음.

1-2. Injury recovery를 보는 경우: 삽입 직후, 24h 경과 후, 매 주 1회 OCT imaging을 진행할 예정. 촬영 이후에는 개인 케이지 내에서 경과 관찰

기간: 2026년 9월~2027년 2월: 부족한 실험군 보충 및 리비전