



## 동물실험계획 승인신청서

연구 과제명	(국문) Lipid nanoparticle을 이용한 efficient drug delivery to liver 확인			
	(영문) Observation of efficient drug delivery to liver using lipid nanoparticles			
연구 책임자	성 명	주진명	직 위	조교수
	소 속	UNIST / 바이오메디컬공학부		
	연락처	010-6676-5270	E-mail	jjoo@unist.ac.kr
	동물실험윤리교육 이수번호		BIC Study-202402-399	

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

### [ 윤리적 동물실험 방법의 준수 ]

1. 본인은 UNIST 동물실험윤리위원회(Institutional Animal Care and Use Committee) 규정 및 동물실험 관련 법규를 준수할 것을 약속합니다.
2. 본인은 제출한 계획서의 실험 방법을 준수할 것이며 방법 또는 실험동물 마리 수 등 계획을 변경할 경우 변경신청서를 통해 동물실험윤리위원회에 이를 알리고 동의를 얻을 것입니다.
3. 본인은 동물이 참을 수 없는 고통을 호소하거나 질병에 이환되었을 때 안락사를 포함한 수의사의 응급조치가 이루어지는 것에 동의합니다(응급조치 전에 수의사의 지시가 있을 것입니다).
4. 생체효능검증실 시설을 이용하여 동물실험에 참여하는 경우, 해당 하는 모든 연구자는 생체효능검증실 사용자 교육과 동물실험윤리 교육을 이수하였습니다.
5. 본 계획서와 연관이 있는 논문 발표 후 해당 논문에 대한 정보를 위원회에 제공할 예정입니다.
6. 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.

2026 년 05 월 14 일

연구책임자

주진명



### 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)
주진명	바이오메디컬공학과	조교수	010-6676-5270	BIC Study-202402-3 99	<b>연구책임자</b>
유우정	바이오메디컬공학과	대학원생	010-8352-0519	BIC study-202406-155 5	수술,조직채취,안락사 <b>(관리담당연구자)</b>

- \* 동물실험을 수행할 모든 연구자를 기입하기 바라며, 각 연구자가 실험 중 어떤 역할을 하는지 기입해주시십시오. 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 05월 15일 까지 / 총 ( 1 )년 중 ( 1 )년째

- \* 1회 과제 승인 기간은 최대 1년이며, 1년을 초과하여 실험이 진행 될 경우, 반드시 기간 만료 전 재승인(연장) 신청이 이루어져야 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



는 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)

- \* 생체효능검증실로 동물을 반입할 경우, 지정된 동물생산회사에서는 신청 후 다음 주에 반입 가능합니다.  
(대한바이오링크, 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		3	
품종(Species)	mouse					
계통명(Strain)	B6 (C57BL/6)					
유전자형 (Genotype_)	Wild( V )	GEM( )	Wild( )	GEM( )	Wild( )	GEM( )
성별(Sex)	F/M					
일령, 주령(Age)	4-8 wks					
체중(Weight)	18~22g					
수량(Numbers)	300					
미생물 성장 (Microbiological status)	germfree	SPF V	germfree	SPF V	germfree	SPF V
	gnotobiotic	conventional	gnotobiotic	conventional	gnotobiotic	conventional
공급처(시설명) Source(vender)	오리엔트바이오/효창					

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

하지만 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):

Laboratory animals, 49(1\_suppl), 30-36.

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

B6 mouse는 가장 널리 사용되는 standard laboratory mouse strain이며, B6 mouse의 경우 APAP (Acetaminophen)-induced acute liver injury model에서 가장 널리 사용되고 특성이 잘 확립된 strain으로, 재현성있는 간 손상을 유도할 수 있으며 기존 문헌과의 비교 분석이 용이함.

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

Mouse model preparation

1. APAP injection to B6 mouse

투여 나노입자의 종류

1. Healthy control
2. Diseased model without treatment
3. Standard Lipid Nanoparticle
4. Peptide incorporated Lipid Nanoparticle 1
5. Peptide incorporated Lipid Nanoparticle 2



siRNA, mRNA and conventional chemotherapy related drug delivery would be conducted as a treatment methodology for the clarification of the efficient nanoparticle delivery. Thus, APAP would be injected for the disease. LNPs would be injected i.v. and imaged through IVIS for clarification.

마우스 종류 (1) x 투여 나노입자 종류 (5) = 5 groups

목표 n수/(0.8 생존율 \* 0.8 모델형성율) = 필요한 mouse 양

1. IVIS 측정용 n=30  
 $20/(0.8*0.8) = 30$  마리
2. Major organs 냉동 절편 후 형광이미지용 n=10  
 $6/(0.8*0.8) = 10$  마리

3. qPCR 용 n=10  
 $6/(0.8*0.8) = 10$  마리

4. western blot용 n=10  
 $6/(0.8*0.8) = 10$  마리

N 수: 60 마리

그룹 수 5 x N 수 60 = 300

B6: 300 마리



**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	V	Return animal zone
BSL-2 zone		Others ( _____ )

\* 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, 주사기, conical tube	
특정사료 공급:	V
그 외 기타:	
APAP, Nanoparticles	

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

<b>5-3. 실험동물 사육구역 이외의 장소로 실험동물 이동(Relocation)</b>	No search remarks (v)
장소:	
B1, 실습실, 영상분석실	
사용장비:	
IVIS, 소동물 마취, perfusion 기계	
실험내용:	
2% Isoflurane을 fask mask를 이용한 10분 미만의 흡입마취 후 PBS 심장관류를 통한 안락사 후 시료 채취	

\* 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.)

<b>5-4. 사료 및 음수 제한 (실험과정 중 실험동물의 사료 및 음수 섭취를 강제적으로 제한 할 경우) (Restriction of Feed and Water)</b>	No search remarks (v)	
실험기간	12-18시간	
방 법	약물 주입 전 12-18시간 동안 사료를 제한함. 음수는 자유롭게 공급함	
1회 처치 시간	12-18시간	
반복 횟수		V
제한 사유	APAP 흡수 및 간독성 유도의 재현성을 확보하기 위해	

<b>5-5. 실험 기간 중 운동제한 (실험과정 중 실험동물의 운동을 강제적으로 제한할 경우) (Require of Mechanical Restraint)</b>	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% / face mask를 통한 호흡마취 / 관 류 전 10분 미만 1회	유우정	
진통(Analgesics)			√
기타방법(Others)			√

6-2. 안락사 방법 (Method of Euthanasia)	Operator
CO <sub>2</sub> , 2% Isoflurane을 fask mask를 이용한 10분 미만의 흡입마취 후 PBS 심장관류를 통한 안락 사	유우정

- \* 일반적으로 물리적 방법(경추탈골, 단두)보다 화학적 방법(흡입약제, 주사제, CO<sub>2</sub>)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)			√
진통제 투여 (Analgesics Therapy)	Ketorolac, 1mg/kg, IM	유우정	
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	

- \* 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, 생



물학적 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):		V
용량 및 횟수(Dose): Cell line:		
투여 방법(Route): cell line:		
처리 방법(Disposal Method):		
위해도 유무 및 정도(Infectious potential of Biohazards):		
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)
Acetaminophen (APAP) overdose는 전 세계적으로 가장 흔한 약물 유도 급성 간선상 (drug-induced acute liver injury)의 주요 원인 중 하나이며, 심한 경우 acute liver failure를 유발할 수 있다. 현재 사용되는 치료법은 제한적이며, 투여 시점에 따라 치료 효능이 크게 감소하는 한계가 존재한다. 따라서 APAP-induced acute liver injury에 대한 새로운 치료 전략 개발이 중요한 연구 분야로 여겨지고 있다. 본 동물실험은 APAP-induced acute liver injury mouse model에서 lipid nanoparticle (LNP) 기반 전달 시스템의 생체 내 전달 효율 및 치료 가능성을 평가하는 것이다. 이를 통해 급성 간 손상 환경에서의 치료 효과와 조직학적 변화를 분석하고, 향후 LNP 기반 간 질환 치료제 개발을 위한 기초 자료

를 확보하고자 한다.

## 8-2. 동물실험 계획 및 방법 (구체적인 기술)

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

### 실험1

총 실험기간 : 2026년 05월 15일-2027년 05월 15일

1. Healthy Control: 건강한 동물모델
2. Diseased Model Control: 치료를 하지 않은 질병모델
3. Standard LNP
4. Peptide incorporated LNP 1
5. Peptide incorporated LNP 2

2026년 5-7월:

4에서 8 주령 mouse 구매 후 APAP model preparation

B6 mouse에 APAP injection: 75 마리

200-500 mg/kg의 APAP를 12-18 시간의 fasting이후에 i.p. injection으로 주입

일정 시간 (2-8시간 이내)에 치료 목적의 LNP전달

Mouse 각 개체의 weight와 유의미한 변화 확인

24시간-72시간 이후 blood collection 및 sacrifice

2026년 8-9월:

Mouse model sacrifice 후 IVIS, Western blot, qPCR등을 통해 confirmed data 획득

Mouse를 앞서 언급했던 2% isoflurane으로 마취 후 PBS로 관류하여 euthanize 한 후 microtome/cryosection을 통해 간 및 전반적 major organ 관찰

2026년 10-11월

첫 번째와 같이 Mouse model preparation. 총 75마리. Western blot, 형광 이미징 등을 통해 confirmed data 획득

Mouse를 앞서 언급했던 2% isoflurane으로 마취 후 PBS로 관류하여 euthanize 한 후 뇌 절편을 통해 glioblastoma 및 전반 적 뇌 관찰

2026년 12월 - 2027년 2월

같은 조건으로 Mouse model preparation. 총 75 마리. Throughout this final step, data consolidation is possible. This repetitive mouse model preparation for the confirmation of the hypothesis.

2027년 2-4월

같은 조건으로 Mouse model preparation. 총 75 마리. Throughout this final step, data consolidation is possible. This repetitive mouse model preparation for the confirmation of the hypothesis.

2027년 4-5월: 데이터 분석 및 논문 작성

