

EDUCATION

# 동물실험윤리위원회, 그것이 알고 싶다!

ENTERTAINMENT

- 동물실험실시자 학습용 -

e-Learning



국립수의과학검역원  
National Veterinary Research & Quarantine Service

## I. 동물실험윤리위원회 제도의 취지

### 1. 동물보호법 제14조

실험동물 사용이 증가 함에 따라 무분별한 동물실험을 억제하고 동물복지(보호)와 윤리적인 취급을 도모하기 위하여 동물실험시설 운영기관에서는 동물실험윤리위원회(이하 “위원회”라 한다)를 설치하여야 한다. (동물보호법 제 14조)

개정 동물보호법에는 동물실험에 대한 일반적 원칙인 3R 원칙(replacement, refinement, reduction, 화면에 용어 설명)을 포함하고 있다.

### 2. 동물실험윤리위원회

위원회는 동물실험이 이 3R원칙에 따라 수행될 수 있도록 유도하고 감시하는 역할을 하게 된다. 즉 위원회는 기관의 동물실험계획서, 실험동물 관리와 사용 프로그램, 동물실험절차, 시설 전반을 평가, 감독하며, 동물실험시설 운영자와 종사자에 대하여 실험동물 보호와 윤리적인 취급을 위하여 필요한 조치를 요구할 수 있다.

### 3. 동물실험 시설 및 시설의 장

각 기관은 위원회 위원들이 과제심의나 시설 실사 등의 위원회 기본 활동을 수행할 수 있도록 위원들에게 적절한 교육과 필요한 연구정보를 제공해 주어야 한다. 또한 동물실험시설의 장은 매년 위원회의 운영과 동물실험 실태에 관한 사항을 국립수의과학검역원장에게 통지하여야 한다.

## II. 동물실험 3R 원칙의 이해

### 1. Replacement (대체)

동물실험을 수행 하지 않고도 연구의 목적을 달성할 수 있는 방법이 있다면 이것으로 동물실험을 대신하는 것을 말한다. 최근 조직배양이나 컴퓨터를 이용한 모의실험기법이 발달하면서 동물실험을 대체할 방법이 증가하고 있다. 동물실험을 해야 할 때라도 좀더 하등한 동물 종으로 실험이 가능하다면 고등한 동물 종을 하등한 동물 종으로 대체해야 한다.

### 2. Reduction (감소)

가능한 실험에 사용되는 동물의 수를 줄이는 것으로, 보다 적은 수의 동물을 사용하여 필적할 만한 정보를 얻거나, 동일한 동물수로부터 더 많은 정보를 얻기 위한 방법을 모색하는 것을 말한다. 이 때에도 통계적으로 유의한 자료와 결과를 얻을 만큼의 수는 사용되어야 한다. 그러나 동시에 통계적 분석법을 잘 활용하여 최소한의 동물수로도 의미 있는 분석을 할 수 있도록 한다. 통계적으로 의미 있는 분석을 할 수 있는 실험설계만이 윤리적으로도 허용될 수 있다.

### 3. Refinement (개선)

동물실험을 대체할 수 없어 최소한으로 동물을 이용할 경우 동물에게 가해지는 비인도적 처치(inhumane procedures)의 발생을 감소시켜 주는 것. 즉, 통증과 스트레스를 경감시키고 동물의 행복을 향상시켜 주는 것을 말한다. 실험도안, 실험방법 및 기술 등을 개선하여 동물실험의 필요성을 줄이는 동시에 동물에 가해지는 통증이나 고통을 감소시킨다. 적절한 진통제와 마취제를 사용해야 하며, 필요한 경우 인도적인 방법으로 안락사를 시키고, 질병에 걸리지 않도록 위생적인 환경과 충분한 먹이, 충분한 공간, 운동할 수 있는 여건을 제공해야 한다.

### III. 동물실험 수행 절차 (예시)

동물실험계획 입안: 동물 종, 품질, 동물 수, 사육환경 고려



동물실험계획서 제출: 동물실험윤리위원회 심의



동물의 검수와 검역



실험동물의 사육관리: 엔리치먼트 고려



실험조작: 마취, 외과적 처치, 통증 관리



실험종료 후 처치: 안락사, 폐기물

## Ⅳ. 동물실험계획서 작성 방법

연구자는 최소한의 동물실험으로 원하는 연구목적을 달성하기 위해 동물실험계획 과정에서부터 동물실험전문가의 의견을 구하며 작성하는 것이 좋다. 동물실험계획서를 작성할 때 일반적으로 다음과 같은 사항을 고려하지만, 세부적으로는 해당 시설의 운영방침에 따라서 실험계획을 수립한다. 동물실험윤리위원회에는 과학자가 아니 일반인도 포함 될 수 있으므로, 가급적 비전문가도 이해할 수 있도록 평이하게 기술한다.

### 1. 일반사항

연구자 인적사항, 과제코드, 연속과제 여부확인, 교육이수 등

### 2. 연구제목

### 3. 연구목적

연구목적이 여러 개일 경우 일차 연구목적과 이차 연구목적으로 나누어 기술

### 4. 특별 사육관리 필요 유무

대사케이지 실험, 감염실험, 장시간 보정이 필요한 실험 등과 같이 특수한 사육관리가 필요한 경우 기술

### 5. 동물실험 대체 가능성 여부

'3R(Replacement, Reduction, Refinement) 운동'의 일환으로 조직배양, 컴퓨터 모의실험, 모형장기 실험 등과 같은 생체실험의 대체방법을 적극적으로 강구하고자 동물실험 계획단계에서 대체 가능성 여부를 확인하는 절차

### 6. 실험기간

### 7. 사용동물종 : 해당 동물종을 선택한 합리적인 사유기재

### 8. 계통명(strain) : 해당 계통을 선택한 합리적 사유

해당 동물종(species)의 계통을 기재(예: ICR, FVB, SD, mongrel)

## IV. 동물실험계획서 작성 방법

### 9. 실험동물의 품질 구분

- 실험동물의 미생물학적 품질에 의한 분류 -

분류	정의 (미생물 상태)	유지
무균동물 (Germ free animals)	검출할 수 있는 모든 미생물·기생충이 없는 동물 (검출 가능한 미생물 부재)	아이솔레이터 Isolator
노토바이오트 (Gnotobiotics)	보유하고 있는 미생물 총이 알려져 있는 동물 (보유 미생물 명확)	아이솔레이터 Isolator
SPF 동물 (Specific pathogen free animals)	특별히 지정된 미생물·기생충이 없는 동물 (부재 미생물 명확)	배리어 시스템 Barrier system
일반동물 (Conventional animals)	미생물컨트롤이 전혀 되지 않은 동물 (미생물 상태 불명)	Conventional room

### 10. 해당 동물종을 선택한 합리적 이유

해당 동물실험에 있어 선택한 동물종의 특징이 잘 부합하고 있으며, 기존에 개발된 동물모델이나 선행 논문을 참고하여 기술.

### 11. 사용 동물수에 대한 합리적 근거 사유 :

실험군별로 사용할 마리수를 설명하고 사용하고자 하는 통계방법을 기술

### 12. 실험동물실 이외 장소에서 동물실험 실시 여부

정해진 구역 이외의 장소로 동물을 옮겨 실험하는 경우 오염이나 감염문제 등을 유발할 수 있기에 위원회나 시설운영자에게 사전 보고되어야 한다. 동물 이동시에는 스트레스를 감소시킬 수 있는 방안을 고려해야 하며, 장기간의 이동이 불가피 할 경우는 적절한 수송절차를 확보한 후 이동하여야 한다.



## IV. 동물실험계획서 작성 방법

### 13. 실험방법 개요

사육기간, 약물투여 횟수 및 간격, 시료 채취 간격 및 횟수 등 가능한 실험방법을 상세하게 기술

외과적 처치의 경우	외과적 실험처치가 수반되는 동물실험의 경우 마취, 진통, 무균수술법에 대한 적극적인 고려가 있어야 한다.
복수의 대규모 수술실험의 경우	경제적 부담을 줄이고자 동일 개체에 다른 실험내용의 대규모 외과적 처치를 중복하는 것을 제한한다. 그러나 임상에서의 적용가치가 있거나 학술적 가치가 있는 연구모델의 경우 동물실험윤리위원회의 승인 과정을 거쳐 실험을 진행할 수 있다.

### 14. 동물이 경험하는 통증 및 스트레스의 정도

통증과 스트레스를 경감시킬 수 있는 방법을 적용하지 않은 상태에서 해당 실험을 실시할 경우 동물이 받게 되는 통증과 스트레스의 정도를 기술한다. ④, ⑤ 정도의 실험을 할 경우 진정 및 마취 방법 작성 항목에서 구체적인 방법을 기술해야 한다.

- ① 원생동물, 무척추동물을 사용하는 실험
- ② 척추동물을 사용하지만, 거의 고통을 주지 않는 실험
- ③ 척추동물에게 약간의 스트레스 혹은 단기간의 작은 통증을 주는 실험
- ④ 척추동물에게 회피 할 수 없는 스트레스 혹은 큰 통증을 주는 실험
- ⑤ 척추동물(무마취)에게 인내한계에 근사하거나 그 이상의 통증을 주는 실험

### 15. 진정, 진통 및 마취방법

실험처치에 따른 통증과 스트레스의 정도를 평가하여 적합한 동물종별 진정, 진통 및 마취방법을 기술

### 16. 수술 후 관리방법

수술 후 통증관리와 수술 후 감염 방지를 위한 항생제 투여 등에 대한 실험프로토콜을 기술

#### IV. 동물실험계획서 작성 방법

##### 17. 인도적 실험종료 시점(Humane endpoints end points) 설정 기준

- 1) 동물에게 극도의 통증 또는 스트레스를 가하는 결과가 예상될 경우 실험결과를 고려하여 실험을 중단할 수 있는 특정 검사항목의 수치상 한계를 설정합니다.  
(예: 체중 20% 이상 감소시)
- 2) 고통이 야기될 때에 언제 어떻게 이를 경감시키고 안락사 할 것인지 프로토콜에 명시되어야 함
- 3) 주말 또는 휴일을 포함하여 누가 endpoint 결정을 내릴지 명시되어야 하며, 고통이 예견되지 않는 경우에도 프로토콜에는 명시하여야 함
- 4) 임상증상과 상태를 파악하고 기록하는 clinical Score sheet를 만들어 endpoint를 설정하는데 이용할 수 있음
- 5) 연구자와 의사, 동물관리 직원의 협력으로 인도적인 endpoint 설정과 보완이 가능함

- 인도적 실험종료 시점(Humane endpoints end points) 설정 기준의 예 -

Endpoint	특 징	적 용
종양	종양이 체중의 10%를 초과시 괴사, 감염, 궤양 운동 및 사료, 물 섭취 장애	피하 및 복강 종양 Hybridoma
식욕 저하	정상체중의 20% 감소시	전이성 질병 만성 감염 질병
운동 장애	누워있는 상태 지속	
각 장기의 증상	호흡계: 호흡곤란, 빈호흡, 기침, 심혈관계: 쇼크, 출혈, 과민반응 위장관계: 심한 설사, 구토 말초신경계: 이완 또는 경련성 마비 중추신경계: 선회운동, 시력상실, 치매, 발작 등	독성실험: 전신 질병
진행성 체온저하	설치류에서 4-6℃ 체온 저하	감염성 질병 연구 ; 백신 효능 연구
폐사 직전 상태	특정 임상증상을 정의하고 이에 도달했을 경우 안락사 실시	



## IV. 동물실험계획서 작성 방법

### 18. 안락사 방법

실험 도중 또는 이후에 통증이 심하거나, 진통·진정 등의 치료법으로 동통과 고통을 경감시킬 수 없는 경우, 또는 빈사상태의 동물이나 정상적인 생존이 불가능하다고 판정될 때에는 동물을 안락사 시켜야 한다. 안락사는 숙련된 사람이, 적합한 방법으로, 인도적으로 실시해야 한다.

※ 인체유래 조직이나 세포를 이용하여 동물실험을 실시할 경우, 적법한 절차 (ex, 피험자 동의 및 시판 세포주)를 거쳐 획득한 검체인지를 확인(생명윤리와 관련)

## V. 적절한 실험동물수(sample size) 산출 방법

### 1. 적절한 실험동물 두수가 필요한 이유

- 적정 실험동물수를 산출하는 것은 3R가운데 Reduction를 실현하는 것뿐만 아니라 연구 결과의 질 향상과 실험경비를 절감할 수 있는 측면에서도 의의가 있다.
- 신뢰할 만한 결과를 산출하는 동물 두수가 필요하다.
- 자료 분석 결과 실제적 유의성(practical significance)과 통계적 유의성(statistical significance)이 일치하여야 하므로, 적절한 두수란 이 두 가지 유의성이 일치되도록 하는 동물 두수를 말한다.
- 따라서 적절한 실험동물 두수는 과학적, 윤리적, 비용적 측면에서 중요하다.

### 2. 적절한 실험동물 두 수 산출을 위한 절차

#### 1) 탐색연구가 일차목적인 경우

- 연구의 일차변수(primary variable)를 결정하고, 이 일차변수의 모수(parameter) (예를 들어 평균, 비율 등)의 적절한 신뢰구간 산출을 위한 동물 두 수를 통계적 방법에 의하여 계산한다.
- 일차변수의 type(범주형 또는 연속형)에 따라 산출 방법이 다르다.
- 일차변수 측정값들의 변이(variability) 정도 및 연구자가 원하는 적절한 신뢰구간의 폭에 따라 적절한 실험동물 두 수가 결정된다.
- 일차변수 측정값들의 변이가 클수록, 일차변수의 모수의 신뢰구간의 폭을 작게 할수록 (즉, 더 정확한 모수를 측정하고자 할수록) 더 많은 실험동물이 필요하다.

#### < 예제 >

연구의 일차목적: 특정 질병에 대한 유전자 치료 방법 개발을 위해 유전자 치료 2주 후 특정 단백질의 발현 비율을 알아보고자 한다 (탐색연구).

이 때 발현 비율을 80%(p)로 기대하고 (즉 발현 비율이 최소한 80%이상은 되어야 효과가 있다고 판단), 발현 비율의 95%(1- $\alpha$ ) 신뢰구간의 폭을  $\pm 10\%$ ( $\omega$ )로 하고자 할 때,

$n = \frac{z_{1-\alpha/2}^2 \cdot p(1-p)}{\omega^2}$  공식을 이용하여 62마리(n)가 필요하다는 결론을 도출할 수 있다.

( $z_{1-\alpha/2}$ 는 표준정규분포의 100(1- $\alpha/2$ )th percentile로  $\alpha=0.05$ 인 경우  $z_{1-0.05/2}=1.96$ )

## V. 적절한 실험동물수(sample size) 산출 방법

### 2) 확증연구가 일차목적인 경우

- 연구의 일차가설을 설정하고, 이 일차가설 검정을 위한 적절한 동물 두 수를 계산한다. 이 때, 일차가설 검정이 우월성 검정인지, 동등성 검정인지, 비열등성 검정인지 명확히 해야 한다.
- 산출을 위한 통계적 방법은 일차가설에서 비교할 그룹들의 특성(matched group, independent group), 그룹의 수에 따라, 일차가설에서 비교할 변수(일차변수)의 type(범주형 또는 연속형)에 따라 다르다.
- 일차변수 측정값들의 변이 정도 및 연구자가 기대하는 그룹간 차이에 따라 적절한 실험동물 두 수가 결정된다.
- 일차변수 측정값들의 변이가 클수록, 기대하는 그룹간 차이가 작을수록 더 많은 실험동물이 필요하다.

#### < 예제 >

연구의 일차목적: 특정 암에 대한 약물 투여가 효과가 있는지를 알아보고자 한다.

실험방법: 두 군 (약물 투여군, 비투여군)으로 랜덤하게 나눈 후, 특정 암 유발 후 종양의 크기(직경)을 측정하고 (baseline), 약물 투여 2주후, 4주후 종양의 크기를 측정한다.

일차가설: 약물 투여 2주 후와 baseline간, 약물 투여 4주 후와 baseline간 종양의 크기의 차이가 두 군간 다를 것이다. (← 일차변수: baseline과 2주 후간 종양의 크기 변화량, baseline과 4주 후간 종양의 크기 변화량)

이 때 baseline과 2주 후간 종양의 크기 변화량의 표준편차와 baseline과 4주 후간 종양의 크기 변화량의 표준편차가 각각 2.0( $\sigma$ )과 3.0( $\sigma$ )이고, 약물 투여군과 비투여군간 종양의 크기 변화량의 차이가 각각 3.0(=6.0-3.0)( $\delta$ )과 7.0(=8.0-1.0)( $\delta$ )으로 기대할 때 (← baseline에서 종양의 크기의 평균 = 5.0, 2주 후와 4주 후 비투여군에서 종양의 크기는 각각 6.0과 8.0으로 예측, 투여군에서 투여2주 후와 4주 후 종양의 크기가 각각 3.0과 1.0으로 줄어든다면 약물의 효과를 반영한다 하겠음)

유의수준 5%( $\alpha$ ), 검정력 80%(1- $\beta$ )하에서  $n = \frac{2\sigma^2(x_1 - \mu_2 + x_2 - \mu)^2}{\delta^2}$  공식에 의하여 각 군당 10마리( $n$ )가 필요함

## VI. 실험동물의 고통 감소 방법

동물실험에서 유발되는 통증 및 고통은 사람과 동일하게 감지될 수 있다는 전제하에 적절한 진정, 진통, 마취를 적합한 의학적 및 수의학적 기술에 의거하여 실시한다. 충분한 마취를 유발하지 않는 마비성 약제는 적당한 진통제나 마취제와 병합하여 외과적 처치에 사용한다. 연구자는 관련된 기술이나 약제 및 동물의 종 특이성에 대한 지식과 기술을 구비하고, 전문가 또는 실험동물관리위원회의 의견을 구하는 것이 좋다. 특히 마취하지 않은 척추동물에게 인내한계에 가까운 통증을 유발하는 실험은 절대 피해야 한다.

적절한 보정과 마취는 동물복지를 위해서 뿐만 아니라, 재현성 있고 과학적인 실험을 수행하기 위해서도 필요하다. 일반적으로 적절한 보정은 동물에게 주는 고통 또는 불쾌감을 현저히 경감시키고, 실험에서의 조작을 용이하게 하며, 또 사람에 대한 위험을 방지하기 위해서도 필요하다. 마취의 경험이 적은 실험자는 경험이 풍부한 의사, 실험동물 전문가 또는 마취방법에 숙련된 사람의 지도나 협력을 구함이 좋다. 실험상의 이유로 어쩔 수 없이 무마취하에서 동물실험을 실시하는 경우에는 사전에 반드시 동물실험윤리위원회에 반드시 당위성을 설명하고 승인을 받아야 한다. 그리고 진정 진통 등의 목적으로 사용되는 마약류 약제는 사전에 한국식품의약품안전청(KFDA)에 신고하여 연구용 면허를 별도로 받은 후 사용하도록 한다. 실험동물에 대한 마취약 투여는 약제의 선택과 함께 수의학적, 약리학적 지식 및 기술을 필요로 하므로 실험자는 적극적으로 전문가의 지도를 따르도록 한다.

## VI. 실험동물의 고통 감소 방법

### 1) 주사마취

동물실험의 마취에는 표2에서와 같은 마취약이 일반적으로 사용되고, 사용목적에 따라 주사마취 또는 흡입마취로 구별한다. 주사마취약은 마취적기(수술적기)에의 도입이 비교적 용이하고, 단시간이긴 하지만 안정된 마취상태를 유지할 수 있으므로 간단한 수술이나 흡입마취 시에 마취 도입 약으로 사용된다. 주사마취에서 중요한 것은 투여시 보정을 확실히 수행하여야 한다. 또 투여조작을 신속 정확히 함은 물론, 동물에게 주는 아픔을 최소화해야 한다. 마취약은 대개 마취전투약제 또는 다른 마취약과 병용한다.

주사마취의 단점으로서 마취심도의 미묘한 조절이 어려운 점을 들 수 있다.

혹시 마취가 너무 깊은 급성 중독 시에는 인공호흡법, 중추성 호흡 흥분약 및 수액투여 등의 처치를 강구한다.

### 2) 흡입마취

흡입마취는 주사마취보다 마취심도의 조절이 용이하여 장시간의 마취를 필요로 하는 실험이나 외과적 수술에 사용되지만, 장시간 동물을 마취상태로 놓는 경우 동물의 생리상태를 파악하기 위해 심전도, 뇌파, 혈압, 체온, 호기중의 탄산가스농도 등의 항목을 모니터링 하면서 동물의 생리상태를 항상 감시하여야 한다. 흡입마취약은 대개 기도자극작용이 강하므로 구강 및 기도분비물의 제거에 특히 주의를 요한다. 흡입마취약은 실험목적에 따라 분류사용이 가능한 것도 큰 특징이다. 마취약의 급성 중독 시에는 주사마취와 동일한 처치를 강구하여 불필요한 동물의 죽음을 피한다.



## VI. 실험동물의 고통 감소 방법

※ 수술로 인한 통증의 정도와 증상

수술 부위	통증의 증상	통증의 정도	통증 시간
머리, 눈, 귀, 입	문지르거나 핥음, 자가 상해, 흔들, 먹기 싫어하고 움직임이 없음	중등도에서 심한정도	간헐적이거나 지속적
직장부위	문지름, 핥음, 뽀, 비정상적인 장 움직임, 배설행동	중등도에서 심한정도	간헐적이거나 지속적
뼈	움직이기 싫어하고 비정상적인 자세와 움직임, 자신을 보호하려는 반응, 핥음, 자가상해	중등도에서 심한정도 상완, 대퇴에 특히 통증	간헐적
복부	비정상적인 자세 (hunched) 식욕 저하, 자신을 보호하려는 반응	미약하거나 중등도	짧음
흉부	움직이기 싫어함 호흡 변화, 침울	흉골측에서는 심한정도, 측면 접근은 중등도	지속적
경추	머리와 목의 비정상적인 자세, 움직이기 싫어함 비정상적인 걸음걸이 (walking on eggs)	중등도에서 심한정도	지속적
흉추, 요추	증상이 거의 없음 즉각적인 움직임	약간	짧음



## VI. 실험동물의 고통 감소 방법

※ 실험동물별로 사용되는 대표적 마취약제 및 투여용량

동물종	마 취 약 제	투여량(mg/kg)	투여경로	유지시간(분)	비 고
개 & 고양이	<b>주사약제</b>				
	-항콜린성 약제-				
	Atropine	0.02-0.04	im, sc	30-60분	항콜린성 작용
	Glycopyrrolate (Robinul-V)	0.02	im, sc	60-120분	
	-진정 약제-				
	Acepromazine	0.05-0.1	im, sc	4시간	진정
	Xylazine (Rompun)	0.1-0.5	iv	30-60분	진정, 진통, 근이완
		0.4-0.9	im		
	-마취 약제-				
	Pentobarbital Sodium	20-30	iv	30-45분	비 생존실험에 권장 마취도입 진단 및 간단한 처치
	Thiopental sodium	8-12	iv	15분	
	Ketamine(마약류)	10-20(고양이)	im	30-45분	
	Ketamine+ Xylazine	5+ (1-2)(개)	iv+ (iv or im)	30-60	
		15+ 1(고양이)	im+ (sc or im)	-	
		10+ 0.5	iv+ iv	10분	
	Ketamine+ Midazolam	(2-4)+ 0.1	iv+ (im or iv)	20-30분	
	Ketamine+ Acepromazine	6-12(개)			
	Telazol	9-12(고양이)	sc, im	15분	
		6	sc, im	유지용량	
	Propofol	0.2-0.4/min	iv(induction)	유지용량	
		1(bolus, as needed)	iv(infusion)		
			iv		
	-진통제-				
	Butorphanol	0.1-0.5		4시간까지	마취도입 마취유지
	Buprenorphine	0.01-0.02(개)	im, iv	6-8시간	
		0.005-0.01(고양이)	im, sc	6-8시간	
		0.02-0.04	im, sc	30분	
	Fentanyl (sublimaze)	30, 개<17kg	iv, im, sc	15분	
	Ketorolac	60, 개>17kg			
	<b>흡입마취제</b>				
	Halothane	MAC : 0.87%(개) 1.19%(고양이) 임상범위 : 3% 까지	흡입	Until discontinued	
	Isoflurane	MAC : 1.3%(개) 1.6%(고양이) 임상범위 : 3% 까지	흡입		
	Nitrous oxide	MAC : 200%(개) 250%(고양이) 임상범위 : 50-66%	흡입		

## VI. 실험동물의 고통 감소 방법

동물종	마취약제	투여량(mg/kg)	투여경로	유지시간(분)	비고
마우스	주사마취제				
	Pentobarbital Sodium	30-40	ip	10-300분	진정
	Ketamine	50-90	ip	-	마취
	Ketamine+ Acepromazine	100	ip	-	진정
	Ketamine+ Xylazine	44+ 0.75	ip	-	진정수준
	5% a-chloralose	(100-200)+(5-16)	im+ ip	60-100분	수술적 마취
	1.2% Tribromoethanol	114	ip	-	비생존실험에
	Propofol	125-250	ip	30-45분	사용
랫트	흡입마취제				
	Ether, Halothane, Isoflurane	12-26	iv	5.6-6.9분	형질전환마우스
		random	개방 점적	Until Discontinued	제작
	주사마취제				
	Pentobarbital Sodium	40-60	ip	80-95분	마취
	Ketamine	50-100	im	-	진정
	Ketamine+ Acepromazine	(75-80)+ 2.5	ip	-	수술적 마취
	Ketamine+ Xylazine	(40-87)+(5-13)	im+ ip	45-90분	수술적마취
토끼	5% a-chloralose	31-65	ip	-	반사소실 최소,
	0.25% Tribromoethanol	300	ip	-	비생존실험에
	50% urethane	1000-1500	ip	24시간 까지	이용
	흡입마취제				
	Ether	random	개방 점적	Until discontinued	장시간 마취,
	Halothane	0.5-2%	흡입		비생존실험
	Isoflurane	1-4%	흡입		
	주사마취제				
돼지	2%Pentobarbital Sodium	30	iv	60분	얕은 마취
	Thiopental sodium	10-30	iv	5-10분	얕은 마취
	Ketamine+ Xylazine	(35-50)+(5-10)	im	30-60분	간단한 외과적
	Ketamine+ Xylazine+ Acepromazine	35+ 5+ 0.75	im	40-60분	처치
	흡입마취제				
	Halothane	1-2%	흡입	Until discontinued	간단한 외과적
	Enflurane	1-3%	흡입		처치
	Isoflurane	1-3%	흡입		
돼지	주사마취제				
	Ketamine+ Xylazine	20+ 2	im	40-60분	도입마취 및
	Ketamine+ Acepromazine	33+ 1.1	im	30분	간단한 외과적
	Ketamine+ Azaperone	15+ 2	im	20분	처치
	흡입마취제				
	Halothane	1-2%	흡입	Until discontinued	"
	Enflurane	1-3%	흡입		
	Isoflurane	1-3%	흡입		

## VI. 실험동물의 고통 감소 방법

### 1) 주사마취

동물실험의 마취에는 표2에서와 같은 마취약이 일반적으로 사용되고, 사용목적에 따라 주사마취 또는 흡입마취로 구별한다. 주사마취약은 마취적기(수술적기)에의 도입이 비교적 용이하고, 단시간이긴 하지만 안정된 마취상태를 유지할 수 있으므로 간단한 수술이나 흡입마취 시에 마취 도입 약으로 사용된다. 주사마취에서 중요한 것은 투여시 보정을 확실히 수행하여야 한다. 또 투여조작을 신속 정확히 함은 물론, 동물에게 주는 아픔을 최소화해야 한다. 마취약은 대개 마취전투약제 또는 다른 마취약과 병용한다.

주사마취의 단점으로서 마취심도의 미묘한 조절이 어려운 점을 들 수 있다.

혹시 마취가 너무 깊은 급성 중독 시에는 인공호흡법, 중추성 호흡 흥분약 및 수액투여 등의 처치를 강구한다.

### 2) 흡입마취

흡입마취는 주사마취보다 마취심도의 조절이 용이하여 장시간의 마취를 필요로 하는 실험이나 외과적 수술에 사용되지만, 장시간 동물을 마취상태로 놓는 경우 동물의 생리상태를 파악하기 위해 심전도, 뇌파, 혈압, 체온, 호기중의 탄산가스농도 등의 항목을 모니터링 하면서 동물의 생리상태를 항상 감시하여야 한다. 흡입마취약은 대개 기도자극작용이 강하므로 구강 및 기도분비물의 제거에 특히 주의를 요한다. 흡입마취약은 실험목적에 따라 분류사용이 가능한 것도 큰 특징이다. 마취약의 급성 중독 시에는 주사마취와 동일한 처치를 강구하여 불필요한 동물의 죽음을 피한다.

## Ⅶ. 동물실험을 수행할 수 있는 연구자의 자격요건

실험 수행자는 적절한 자격 평가와 교육/훈련(training)을 통하여 동물실험의 윤리원칙을 준수하여 동물복지에 입각하여 동물실험을 수행하고, 예상치 못한 위험으로부터 자신을 보호할 수 있어야 한다.

연구자는 동물실험을 실시하기 전에 아래와 같은 사항들을 숙지할 수 있도록 적절한 훈련이나 교육을 받아야 한다.

- 특정 동물 종을 다루는 숙련도
- 통증을 경감하는 방법에 대한 숙지
- 수술적 조작에 대한 숙련도
- 멸균적 기술 숙련도
- 통증 관리 숙련도
- 안락사 숙련도
- 수술전과 수술후 관리
- 필요시 동물실험 공인 자격증(실험동물기술사 등)
- 생물안전 및 실험실 안전 교육
- 관련된 규칙과 규범에 대한 지식
- 산업보건 및 안전 프로그램(occupational health and safety program) 이수
- 실험동물시설내 이용자 교육과정의 이수
- 안전관련 교육 비디오 시청