



서울아산병원

# 실험동물의 마취 및 안락사

아산생명과학연구소  
이 병 한



# 마취 (Anesthesia)



# 마취

- 마취제의 적절한 사용은 **윤리적, 과학적으로 필요**
- 전신마취의 요구사항 (예: **외과 수술**)
  - **의식소실의 마취상태, 충분한 근육이완, 진통작용 요구**

- Mental block (unconsciousness) → 마취제
- Sensory block (analgesia) → 진통제
- Motor block (muscle relaxation) → 근이완제

*(by Woodbridge, PD. Anesthesiology. 1957;18(4):536-50)*



# 마취 부작용 & 마취전 투약 효과

- 마취 부작용

- 1) 순환기계 억제 : 서맥, 부정맥, 혈압저하 등
- 2) 호흡기계 억제 : 호흡수 저하, 환기량 저하, acidosis 등
- 3) 기타 : 체온저하, 구토, 흥분, 경련 등

- 마취전 투약 효과

- 1) 마취 도입시 스트레스 제거를 도와 공포심과 불안감 감소
- 2) 전신마취의 유도에 필요한 마취약의 용량 줄여 부작용 감소
- 3) 보다 원활한 마취유도와 각성효과
- 4) 타액 및 기관지로부터의 분비물 감소
- 5) 수술 전 동통 완화, 수술 후 통증 최소화



# 마취전 투약

- Atropine sulfate

- 부교감신경 작용차단, 평활근 이완, 산동작용, 타액 및 기관지분비물 억제효과
- Xylazine, ketamine 등과 혼용 가능
- 토끼는 아트로핀 분해효소(atropinase)가 다량 존재  
→ 투여 효과 부정확 (반추수(소, 양 등)에도 존재)



- Xylazine HCl (Rompun)

- 진정제, 진통제, 골격근 이완제

- 가벼운 외과적 처치, 동통의 경감 및 전마취를 위해 사용

- 외과적 수술을 위해 국소마취제와 함께 사용

- 투여량 증가시 작용지속시간은 길어지나

작용의 깊이가 증가하지는 않음

- Ketamine과 함께 주로 사용

- 서맥(bradycardia: 60회/min 이하)과 저혈압 유발

- 길항제로 atropine 사용

- 고양이 투여시 90%가 투약 후 5분 이내 구토 유발

- 다량 투여시 과도한 타액분비가 유발될 수 있어 기도유지 주의



# 주사마취

- 단시간내에 안정된 마취상태를 유지
- 소수술 및 흡입마취시 마취도입용으로 사용
- 부작용이 있어 마취전투약제 등과 병용

## 1) Pentobarbital sodium (Nembutal, Entobar)

작용시간이 짧은 barbiturates의 대표적인 마취제

## 2) Thiopental sodium, pentothal sodium (바비투르산 유도체)

- 초단시간 작용형으로 pentobarbital sodium보다 많이 사용됨
- 주로 흡입마취의 유도와 소수술에 이용
- 정맥내 투여용 (약물이 주위 조직으로 주입되면 자극 심함)



### 3) Propofol

- 단시간 마취의 신속 유도시 사용
- 회복시 조용하고 신속
- 대수술시 진통작용 미약
- 주사 후 단시간 무호흡 유발
- 고용량 투여 시 호흡억제 유발
- 장시간 투여시 lipemia 유발 (soybean oil & glycerol 유제)
- 정맥내 투여시 신속한 마취 개시
- thiopental sodium 비교시
  - 보다 신속한 마취 각성
  - 반복 투여에도 수면시간이 크게 증가하지 않음
- 수축기 혈압의 중정도 감소, 심박출량 미약 감소
- 호흡수 or 일회호흡량 감소 → 산소 공급 필요
- 간기능, 신기능, 혈소판 or 혈액응고 기능에 영향 없는 것으로 판단
- 혈관주위 누출시 자극적이지 않음





#### 4) Tribromoethanol (Avertin)

- 랫드, 마우스의 외과적 마취시 이용
- 우수한 골격근 이완 작용, 중정도의 호흡억제 작용
- 복강내 투여용
- 보관 잘 못 시 심한 자극과 복막 유착 발생
- 신선하게 제조되었다 하더라도

시일이 경과된 것을 재차 투여시 높은 치사율 발생

- 적절하게 제조 및 보관된 약액은 마우스에 효과적이고 안전
- 제조법 : Avertin + Tertiary-amyl alcohol
- 보관법
  - Stock solution - 상온 보관
  - Working solution (1.2%) - 갈색병에 담아 냉장보관, 자주 교체



## 5) Ketamine hydrochloride (Ketamine HCl)

- 해리성(dissociative)마취라 불리는 무의식 상태 유발
- 반사작용이 있으나, 가벼운 자극에 반응이 없으며 공격성도 없음
- 물기가 많은 타액이 분비되므로 황산아트로핀을 길항제로 이용
- 다른 마취약과 달리 마취상태에서 기침, 삼키기 등 방어적 반사기능이 유지됨
- 간에서 해독되고 신장에 의해 배출되므로 신기능부전증, 간기능부전증 동물에서의 사용은 금지



## 6) Zoletil

- Tiletamine (해리성마취) + Zolazepam (benzodiazepine agent)
- 회복시 경련 위험성 감소, 골격근 이완 증진
- 근육주사후 2-5분내 마취효력 발생, 20-30분 동안 마취지속
- 근육주사시 통증 유발 가능
- 마취중에 다양한 반사반응 유지 → 마취심도 판정 어려움  
(palpebral, corneal, laryngeal, pedal, pinna reflexes)
- 회복 지연 가능(**고용량**의 근육주사후 5시간까지)



## 7) Chloral hydrate

- 1~2시간 마취유지, 안정적, light anesthesia
- 심혈관계 영향 적음
- 진통효과 미약
- 수술 마취시 고용량 필요 → 심한 호흡기계 억제
- 랫드의 복강내 투여시 장관의 이완과 울혈 발생 빈도 높음
- 수술 실험이 아니면 다른 약제로 대체 필요



## 8) Urethane (ethyl carbamate)

- 발암성 있음 (사람을 포함한 랫드, 마우스 등) → 기관에 따라 금지
- 호흡순환계 억제가 적으며, 다른 약제와 병용 사용
- 돌연변이원성이 보고되고 있으므로 무분별한 사용 금함



# 흡입마취

- 마취심도 조절 용이
- 장시간 마취상태의 실험, 외과적 수술에 많이 사용
- 기도에 대한 자극 작용이 강하므로 분비물 제거에 유의
- 정밀한 vaporizer, ventilator 등 특수 장비가 요구될 수 있음

## (1) Diethyl ether

- 용이하게 기화하여 수술마취 적기를 얻기 쉽고 마취관리 간단
- 그러나 인화성, 폭발성, 자극성 취기 → 기관, 기관지 점막 자극  
→ 타액분비 항진 및 후두경련
- 마취후 회복지연 및 오심 등 부작용
- 드물게 사용



## (2) 아산화질소( $N_2O$ )

- 흡입용 마취약으로서는 가장 오래되고 안정된 약품  
그러나 효력은 에테르의 15% 정도임
- Thiopental sodium의 마취유도 후 마취유지용

## (3) Halothane(Fluothane, Somnothane)

- 강력한 마취약, 인화성, 발암성 없고,  
기도 자극성도 적어서 대개의 동물종에 안전하게 사용
- 장시간 마취시 각성이 현저히 늦어지는 경우도 있음
- 호흡 억제작용이 많음
- 사람에게서 **간독성** 있음



#### (4) Enflurane

- 호흡순환의 억제는 할로탄과 유사하나 **간장해가 적음**
- 카테콜라민에 대한 부정맥 등의 발현은 적음

#### (5) Isoflurane(Forane)

- 뛰어난 휘발성 흡입마취약
- 마취의 유도, 각성이 enflurane 보다 빠르고, 마취심도 조절이 용이하며, 마취작용의 지연이 없음
- **고가제품**





## (6) Sevoflurane

- Isoflurane보다 더 부드럽고 더 빠른 마취 유도과 회복을 나타냄
- 가격이 비교적 고가이므로, 이용시 fresh gas를 낮은 속도로 주입하거나(low-flow system), 폐쇄회로 상태로 두어
- 좋은 냄새와 호흡기 자극이 적어, 다른 흡입용 마취제와 비교해 마스크 유도도 쉬움

## (7) Desflurane

- 역시 비싸고, 특별한 기화기가 필요하며 isoflurane에 비해 약간 더 장점이 많음



# 진통제

- Acetyl salicylic acid (Aspirin)
- Carprofen
- Ketoprofen
- Meloxicam
- Piroxicam
- Buprenorphine
- Butorphanol
- Morphine
- Pethidine(meperidine)



# 비마약성 진통제

	MOUSE / RAT	RABBIT	DOG	PIG	비 고
Acetamoinophen	1~2mg/ml in drinking water	1ml/10~20ml in drinking water	15mg/Kg q8h	-	synthetic non-opiate analgesics
Aspirin	100~150mg/Kg PO q4h	5~20mg/Kg PO once daily	10mg/Kg PO q12h	10mg/Kg PO q4h	NSAID
Carprofen	5mg/Kg SC or 5~10mg/Kg PO q12h	2.2mg/Kg PO q12h	4.4mg/Kg PO once daily	-	NSAID
Ketoprofen	5mg/Kg SC	1mg/Kg Im q12~24h	1~2mg/Kg IV,SC,IM once daily	-	NSAID
Ketorolac Tromethamine	Mouse: 0.7~10mg/Kg PO once daily Rat: 3~5mg/Kg PO or 1mg/Kg IM once daily	-	0.3~0.5mg/Kg IV,IM q8~12h	-	NSAID
Phenylbutazone	-	-	1~5mg/Kg PO q8h	4~8mg/Kg PO or 2~5mg/Kg IV	NSAID
Piroxicam	-	0.1~0.2,mg/Kg PO q8h	0.3mg/kg PO once daily	-	NSAID



# 마 약

- 연구에 많이 사용되는 약제

- ketamine, thiopental, pentobarbital, buprenorphine, chloral hydrate, diazepam 등

- 문의 안내

- 서울지방식품의약품안전청 홈페이지 (<http://seoul.kfda.go.kr/>)
- 서울 양천구 목동 900-12 의약품 감시2팀 (T. 02-2640-1414)

[별지 제5호서식] (앞쪽)

마약류취급자 <input type="checkbox"/> 허가 <input type="checkbox"/> 지정 신청서		처리기간 허가 : 25일 지정 : 2일
대 표 자	허가(지정)종별 성명 주소 업소명 소재지	<input type="checkbox"/> 마약류수출입업자 <input type="checkbox"/> 마약류제조업자 <input type="checkbox"/> 마약류원료사용자 <input type="checkbox"/> 마약류도매업자 <input type="checkbox"/> 마약류학술연구자 <input type="checkbox"/> 마약류관리자 주민등록번호 * 마약류학술연구자는 대표자란에만 기재
관 리 자	성명 주소 약사면허번호	주민등록번호
마약류관리에관한법률시행규칙 제8조 및 제10조의 규정에 의하여 위와 같이 마약류취급자의 허가(지정)를 신청합니다.		
신청인 (서명 또는 인) 년 월 일 담당자 전화번호 식품의약품안전청장 시·도지사 귀 하		
*구비서류 1. 마약류수출입업자, 마약류제조업자, 마약류원료사용자의 허가인 경우 가. 법 제6조제3항제2호에 해당되지 아니함을 증명하는 의사의 진단서(마약류수출입업자가 되고자 하는 자에 한함) 나. 약사법에 의한 수입품목록허가(신고)증 사본(마약류수출입업자가 되고자 하는 자에 한함) 다. 약사법에 의한 의약품제조업 허가를 사본(마약류제조업자 또는 마약류원료사용자가 되고자 하는 자에 한함) 라. 정관과 법인등기부등본(법인의 경우에 한함) 2. 마약류도매업자의 허가인 경우 약국개설등록증 또는 의약품도매상허가증 사본 3. 마약류취급학술연구자의 허가인 경우 가. 법 제6조제3항제2호에 해당되지 아니함을 증명하는 의사의 진단서 나. 연구계획서 다. 그 자격에 관한 서류 4. 마약류관리자의 지정인 경우 약사면허증 사본		수수료 허가 : 10,000원 지정 : 3,000원

# 랫드·마우스 마취제

동물종	마취약제	투여량(mg/kg)	투여경로	마취유지 시간
마우스	주사마취제 Thiopental sodium	25-50	IV	10분
		50	IP	-
	Pentobarbital sodium	30-40 (진정)	IP	10-300분
		50-90 (마취)	IP	-
	Ketamine+Acepromazine	44+0.75	IP	진정수준
	<u>Ketamine+Xylazine</u>	<u>(100-200)+(5-16)</u>	<u>IM+IP</u>	<u>60-100분</u>
	Propofol	12-25	IV	5.6-6.9분
<u>Avertin</u>	<u>250mg/kg(1.2% sol)</u>	<u>IP</u>	<u>20분</u>	
흡입마취제 Ether, Halothane, Isoflurane	Random	흡입	Until discontinued	
랫 드	주사마취제 1.25% Thiopental sodium	20-40	IV	5-10분
		40	IP	-
	Pentobarbital sodium	40-60	IP	80-95분
	Ketamine+Acepromazine	(75-80)+2.5	IP	-
	<u>Ketamine+Xylazine</u>	<u>(40-87)+(5-13)</u>	<u>IM+IP</u>	<u>45-90분</u>
	Propofol	7.5-10.0(도입)	IV	8-11분
	<u>Chloral Hydrate</u>	<u>300-450mg/kg(≤ 5% sol)</u>	<u>IP</u>	
흡입마취제 Ether	random	흡입		
Halothane	0.5-2%	흡입		
Isoflurane	1-4%	흡입		

# 토끼 마취제

마취제	투여용량	투여경로	작용시간	작용범위
Atropine sulfate	0.1-3.0mg/kg	SC		기관분비 억제
Lidocaine spray	25mg/kg	표면		국소마취
Ketamine HCl	25mg/kg	IM	30분	진정. 외과마취 도달 안됨
	10mg/kg	IV	15분	약물구속
Xylazine	3mg/kg	IM	45분	진정. 진통작용은 없음
	1mg/kg	IV	20분	약물구속
Thiopentone Na	30mg/kg(1.25%)	IV	10분	외과마취
	10mg/kg(급속정맥주사)	IV	5분	외과마취. 일과성의 호흡정지
Ketamine HCl + Xylazine	35mg/kg + 5mg/kg	IM	60분	외과마취
	10mg/kg + 3mg/kg	IV	30분	외과마취
Zoletil	32- 64 mg/kg	IM		
Propofol	7.5-15 mg/kg	IV	5-10분	
Halothane	1-2%	흡입	장시간	외과마취
Enflurane	1-3%	흡입	장시간	외과마취
Isoflurane	2-3%	흡입	장시간	외과마취
Sevoflurane	3-4%	흡입	장시간	외과마취

# 개 마취제

마취제	투여용량	투여경로	작용시간	작용범위
Atropine sulfate	0.03-0.05 mg/kg	IM IP SC		타액, 기관분비 억제
Pentobarbital Na 2%	30 mg/kg	IV	60분	도입마취, 간단한 외과마취
Thiopentone Na	10-30 mg/kg	IV	5-10분	도입마취, 간단한 외과마취
Ketamine HCl	10-20 mg/kg	IM	30-45분	간단한 처치
Ketamine HCl + Xylazine	5 mg/kg + 1-2 mg/kg	IM	40-60분	도입마취, 간단한 외과마취
Zoletil	2.2 mg/kg	IV		
	7.5 mg/kg	IM		
Halothane	0.5-1.5%	흡입	장시간	외과마취
Enflurane	2-4%	흡입	장시간	외과마취
Isoflurane	1.5-2.5%	흡입	장시간	외과마취
Sevoflurane	2.3-3.5%	흡입	장시간	외과마취

# 돼지 마취제

마취제	투여용량	투여경로	작용시간	작용범위
Atropine sulfate	0.02-0.05 mg/kg	IM		기관분비 억제
Lidocaine spray	-	표면		국소마취
Ketamine HCl + Xylazine	20 mg/kg + 2 mg/kg	IM	20-40분	외과마취
Pentobarbital Na	20-24 mg/kg	IV		외과마취
Thiopentone Na	6.6-25 mg/kg	IV	10분	외과마취 일과성의 호흡정지
Zoletil	2-8.0 mg/kg	IM		
Propofol	2.5-3.5 mg/kg	IV	short duration	
Halothane	0.5-2%	흡입	장시간	외과마취
Enflurane	1-3%	흡입	장시간	외과마취
Isoflurane	0.5-2%	흡입	장시간	외과마취
Sevoflurane	3-4%	흡입	장시간	외과마취

# 안락사 (Euthanasia)





# Euthanasia

- 정의

- 실험동물에 가능한 고통을 주지 않고 단시간 내에 무의식 상태로 유도한 후 죽음에 이르게 하는 것

Euthanasia = *eu* (good) + *thanatos* (death)



“good death” (with minimal pain & distress)

- the act of inducing humane death in an animal



# Euthanasia

- 주의사항

- 대상동물이 공포, 불안, 혼란, 고통 등을 느끼면 안됨
- 숙련되고, 과학적이며, 인도적인 방법으로 실시
- 본인이 불가능한 경우에는 전문가에게 의뢰
- 사망의 확인 철저: 호흡정지 + 심박동정지  
(특히, CO2를 이용한 안락사의 경우 주의)
  - by checking for respiration a few minutes,
  - by exsanguination,
  - by opening chest cavity to collapse lungs



# 안락사 방법

## ◆ 마취제 과량 투여법

- Pentobarbitone(100-200mg/kg)을 급속히 정맥투여



Pentobarbital sodium & Phenytoin sodium

Sodium Pentobarbital Powder

◆ 저산소증 유발법

- 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 이용한 방법
- 간접적 저산소증 유발: 심마취 요구
  - 근이완제 투여(succinylcholine)
  - 심정지 유발 약물(KCl)
  - 중추신경 억압 & 심실세동 유발(Electrocution)

◆ CNS에 물리적 손상을 유발하는 방법

- 진정제나 마취제를 사용해서는 안 되는 실험시 권장
- 경추탈골(<1kg) 등



# 안락사 방법 (Mouse & Rat)

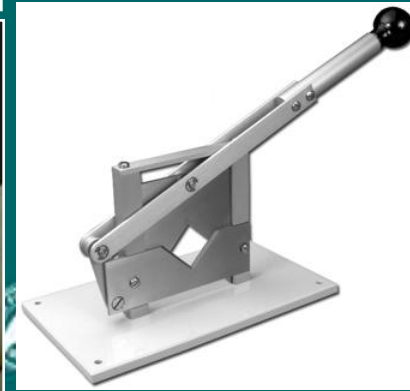
## ◆ Inhalation methods

- CO<sub>2</sub> gas 이용
- avoid chloroform, ether



## ◆ Physical methods

- cervical dislocation
- decapitation



# Inhalant agent

- **Inhalant anesthetics**

- ether, halothane, methoxyflurane, isoflurane, sevoflurane, desflurane, enflurane

- Method

- cotton or gauze soaked with the anesthetic

- vaporizer (유도시간 지연)

- **액체상태의 흡입마취제 - 자극적**

- 동물은 마취가스에 노출되는 것이 필요

- 마취 유도시 충분한 공기, O<sub>2</sub> 공급 필수

- to prevent hypoxemia

- Small rodents placed in a large container

- sufficient O<sub>2</sub> to prevent hypoxemia

- Larger species placed in small containers

- need supplemental air or O<sub>2</sub>



- *Advantages*

- (1) 소동물 (< 7 kg), 정맥주사가 어려운 동물에 적합

- (2) 일반 환경하에서 비인화성, 비폭발성

- halothane, enflurane, isoflurane, sevoflurane, desflurane, methoxyflurane, N<sub>2</sub>O

- *Disadvantages*

- (1) 마취유도시, 동물 → 버둥질, 불안(마취가스 - 자극적, 흥분유발)

- (2) Ether - 인화성, 폭발성

- 안락사한 동물 → 보통 냉장고, 냉동고에 보관할 때

- 비닐봉지에 있는 동물을 소각로에 넣을 때

- (3) methoxyflurane - acceptable agent in **rodents**

- (4) N<sub>2</sub>O - 연소성

- (5) 사람, 동물 - 마취가스 노출로 인한 위해

- 눈/코 자극 심함

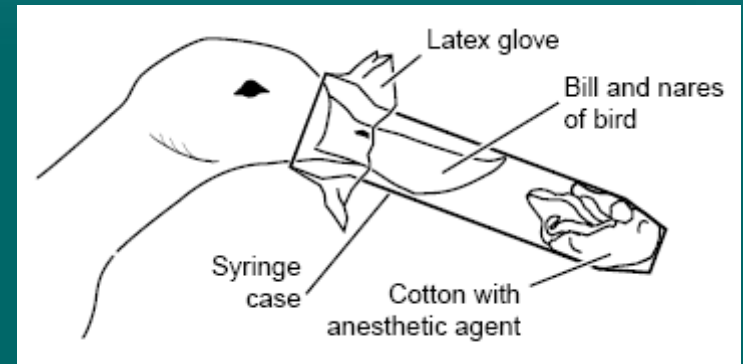
- 임신초기 미량 노출 여성 → 유산, 기형 보고

- (6) a potential for **human abuse**, esp. N<sub>2</sub>O



- *Recommendations*

- 소동물(< 7 kg) 좋은 순서: halothane > enflurane > isoflurane > sevoflurane > methoxyflurane > desflurane, with or without N<sub>2</sub>O
- Ether : 주의 깊게 통제된 조건에서만 사용
- N<sub>2</sub>O : 단독 사용 불가, 적합성 연구 필요





# Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>)

- 실내공기의 0.04% 차지
- 공기보다 무겁고 취기 거의 없음
- CO<sub>2</sub> 7.5% 흡입시 – pain threshold 증가  
보다 높은 농도 흡입시 → 신속한 마취 효과
- 의식소실 시간
  - 높은 농도(80~100%)시 감소 (랫드 – 12~33초 내 마취유도)  
70% CO<sub>2</sub> in O<sub>2</sub> → 40~50초에 마취유도
  - 100% 농도의 즉각적인 폭로시 < 농도를 천천히 증가시 (길어짐)
- 사용에 적합한 동물
  - small laboratory animals groups  
(mice, rats, guinea pigs, chickens, rabbits)
  - birds, small dogs, cats, swine, fish 등



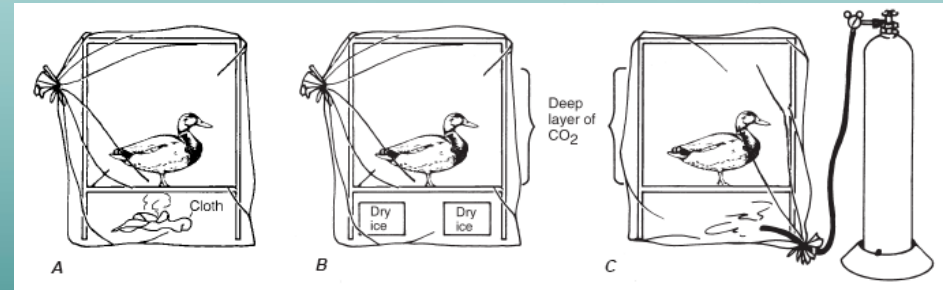
- Advantages

- (1) 신속한 진정, 진통, 마취효과
- (2) 이용과 구입이 용이
- (3) 가격 저렴, 비인화성, 비폭발성, 사람의 위해성 낮음
- (4) food-producing animals – 조직에 잔류되지 않음
- (5) murine cholinergic markers, corticosterone 농도 – 왜곡 없음

- Disadvantages

- (1) 공기보다 무거워 챔버내 불완전한 충전
  - 위로 기어 오르거나 회피성 유발





- *Recommendations*

- 레귤레이터 부착형 실린더의 압축 CO<sub>2</sub> 가스 사용 - 추천
- dry ice, 소화기, 화학적 방법(제산제)에 의해 생성된 CO<sub>2</sub> 가스
  - unacceptable
- 분명한 임상적 죽음 확인 후에도 가스유입은 적어도 1분간 유지
- O<sub>2</sub>의 추가는 적합하지 않음 (안락사 유도시간 지연 등)

# Barbituric acid derivatives

- 의식소실과 함께 CNS 억압
- 과량투여시 심마취 → 무호흡(호흡중추 억압) → cardiac arrest
- Sodium pentobarbital (nembutal) – 가장 적합하고 폭넓게 사용

- *Advantages*

- (1) 신속한 작용
- (2) 동물을 편안하고 부드럽게 안락사 유도
- (3) 다른 안락사 약제보다 가격 저렴

- *Disadvantages*

- (1) 정맥주사 필수 (유경험자 요구)
- (2) 향정약품 (마약허가 필요)
- (3) 무의식 상태에서 말기에 혈떡거림 발생 가능
- (4) 사체에 지속적으로 잔류

→ 사체를 먹은 동물의 진정 또는 죽음도 유발



# Chloral hydrate

- 대뇌를 서서히 억압, 어떤 종에서는 보정문제가 발생
- 호흡중추 억압 → hypoxemia → 안락사 유도
- 죽기 전 혈떡거림, 근진전, vocalization 나타날 수 있음
- *Recommendations*
  - 대동물의 적용은 조건부 허용
    - 정맥주사로 투여시,
    - 부작용 감소 위해 진정제 사전 적용시
  - 적합하지 않는 동물종 (심한 부작용, 마취 지연 등 발생)  
dogs, cats, and other small animals



# Potassium chloride (KCl)

- 마취되지 않은 동물은 허용되지 않음 (금지)
- 전신마취 상태에서 과포화용액의 정맥주사, 심장내 주사 허용
- K<sup>+</sup> - 심장독성 유발
- 신속한 정맥주사, 심장내 주사(1~2 mmol/kg BW)
  - cardiac arrest 유발
- 가축, 야생동물에 적합
  - 안락사된 사체를 먹는 육식동물의 중독 위험 감소 위해



- *Advantages*

- (1) 비통제약물 → 획득, 운반, 사용 용이
- (2) 야생동물의 사체 폐기가 불가능한 경우에 적합
  - 육식동물의 잠재적 중독 위험 감소 위해

- *Disadvantages*

- 주사직후 근진전, 간헐성 경련 발생 가능

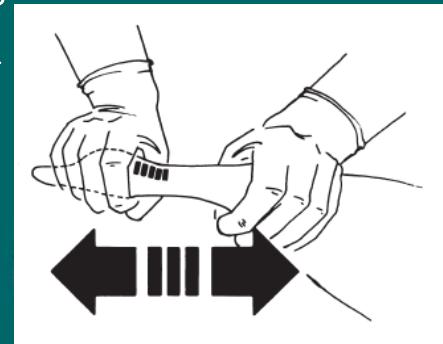
- *Recommendations*

- 마취에 대한 실시자의 훈련과 지식이 매우 중요
- KCI의 정맥주사는 외과적 수준의 마취가 선행되어야 함
  - (의식 소실, 근육반사 소실, 수술로 인한 유해자극 소실)
- 포화용액은 심정지 유발에 효과적



# Cervical dislocation

- 잘 훈련된 연구자가 수행시 → 인도적
- 적용되는 동물종
  - poultry, other small birds, mice, immature rats & rabbits
- For mice & rats
  - 엄지와 검지를 이용, 두개부의 아래 목에 위치 또는 가는 봉으로 누른 후, 다른 손으로 꼬리 기저부 또는 뒤 다리를 재빨리 잡아당김
- For immature rabbits
  - 한 손으로 머리를 잡고 다른 손으로 뒤 다리를 잡아 당김
- For poultry
  - 대량의 안락사에 적합, 즉각적인 의식소실 지연 가능
- 경추탈구 후에도 대뇌의 전기적 활동 - 13초 동안 지속
- 신속한 방혈은 의식소실에 도움이 되지 않음





- Advantages

- (1) 신속한 의식소실 유도
- (2) 화학적으로 조직에 영향을 주지 않음
- (3) 완료의 신속성

- Disadvantages

- (1) 실시자에게 심미적 불쾌감 유발
- (2) 신속한 의식소실을 위한 기술의 숙달 요구
- (3) 제한적으로 적용

- Recommendations

- 인도적인 방법
  - poultry, other small birds, mice, rats (< 200 g BW), rabbits (< 1 kg BW)
- 수행능력 부족시 동물마취 사전 실시
- 보다 무거운 랫드, 토끼의 경우 실시자의 기술적 수행능력 필요
- 연구목적상 필요하고, IACUC에 의해 인증 받은 경우 허용



# Decapitation

- 적용 동물 – rodents & small rabbits
- 화학적으로 오염되지 않은 조직과 체액의 회수에 적합
- 해부학적으로 손상 없는 대뇌조직을 얻는데 적합
- *Advantages*
  - (1) 신속한 의식소실 유도
  - (2) 화학적으로 조직을 오염시키지 않음
  - (3) 신속히 완료
- *Disadvantages*
  - (1) 단두술을 수행하기 위한 보정은 동물에게 고통 유발 가능
  - (2) 단두후 대뇌의 전기적 활동의 존재 해석은 여전히 논쟁
  - (3) 수행시 안전사고에 유의
  - (4) 실시자나 관찰자에게 심미적 불쾌감 유발



- *Recommendations*

- 올바르게 수행시 조건부 허용
- 연구목적상 필요하고, IACUC에 의해 인증 받은 경우 허용
- 단두기는 기능이 잘 수행되도록 칼날 등의 관리에 주의
- 동물보정을 위한 **plastic cones** 사용
  - 보정시 동물의 고통경감, 연구자의 외상억제,  
단두기에 동물 위치시 도움



# Agents and methods of euthanasia by species

Species	Acceptable* (refer to Appendix 2 and text for details)	Conditionally acceptable† (refer to Appendix 3 and text for details)
Amphibians	Barbiturates, inhalant anesthetics (in appropriate species), CO <sub>2</sub> , CO, tricaine methane sulfonate (TMS, MS 222), benzocaine hydrochloride, double pithing	Penetrating captive bolt, gunshot, stunning and decapitation, decapitation and pithing
Birds	Barbiturates, inhalant anesthetics, CO <sub>2</sub> , CO, gunshot (free-ranging only)	N <sub>2</sub> , Ar, cervical dislocation, decapitation, thoracic compression (small, free-ranging only), <u>maceration (chicks, poults, and pipped eggs only)</u>
Cats	Barbiturates, inhalant anesthetics, CO <sub>2</sub> , CO, potassium chloride in conjunction with general anesthesia	N <sub>2</sub> , Ar
Dogs	Barbiturates, inhalant anesthetics, CO <sub>2</sub> , CO, potassium chloride in conjunction with general anesthesia	N <sub>2</sub> , Ar, penetrating captive bolt, electrocution
Fish	Barbiturates, inhalant anesthetics, CO <sub>2</sub> , tricaine methane sulfonate (TMS, MS 222), benzocaine hydrochloride, 2-phenoxyethanol	Decapitation and pithing, stunning and decapitation/pithing
Horses	Barbiturates, potassium chloride in conjunction with general anesthesia, penetrating captive bolt	Chloral hydrate (IV, after sedation), gunshot, electrocution
Marine mammals	Barbiturates, etorphine hydrochloride	Gunshot (cetaceans < 4 meters long)
Mink, fox, and other mammals produced for fur	Barbiturates, inhalant anesthetics, CO <sub>2</sub> (mink require high concentrations for euthanasia without supplemental agents), CO, potassium chloride in conjunction with general anesthesia	N <sub>2</sub> , Ar, electrocution followed by cervical dislocation
Nonhuman primates	Barbiturates	Inhalant anesthetics, CO <sub>2</sub> , CO, N <sub>2</sub> , Ar
Rabbits	Barbiturates, inhalant anesthetics, CO <sub>2</sub> , CO, potassium chloride in conjunction with general anesthesia	N <sub>2</sub> , Ar, cervical dislocation (< 1 kg), decapitation, penetrating captive bolt
Reptiles	Barbiturates, inhalant anesthetics (in appropriate species), CO <sub>2</sub> (in appropriate species)	Penetrating captive bolt, gunshot, decapitation and pithing, stunning and decapitation

Species	Acceptable* (refer to Appendix 2 and text for details)	Conditionally acceptable† (refer to Appendix 3 and text for details)
Rodents and other small mammals	Barbiturates, inhalant anesthetics, CO <sub>2</sub> , CO, potassium chloride in conjunction with general anesthesia, microwave irradiation	Methoxyflurane, ether, N <sub>2</sub> , Ar, cervical dislocation (rats < 200 g), decapitation
Ruminants	Barbiturates, potassium chloride in conjunction with general anesthesia, penetrating captive bolt	Chloral hydrate (IV, after sedation), gunshot, electrocution
Swine	Barbiturates, CO <sub>2</sub> , potassium chloride in conjunction with general anesthesia, penetrating captive bolt	Inhalant anesthetics, CO, chloral hydrate (IV, after sedation), gunshot, electrocution, blow to the head (< 3 weeks of age)
Zoo animals	Barbiturates, inhalant anesthetics, CO <sub>2</sub> , CO, potassium chloride in conjunction with general anesthesia	N <sub>2</sub> , Ar, penetrating captive bolt, gunshot
Free-ranging wildlife	Barbiturates IV or IP, inhalant anesthetics, potassium chloride in conjunction with general anesthesia	CO <sub>2</sub> , CO, N <sub>2</sub> , Ar, penetrating captive bolt, gunshot, kill traps (scientifically tested)

\* Acceptable methods are those that consistently produce a humane death when used as the sole means of euthanasia.

† Conditionally acceptable methods are those that by the nature of the technique or because of greater potential for operator error or safety hazards might not consistently produce humane death or are methods not well documented in the scientific literature.



# Some unacceptable agents and methods of euthanasia

Agent or method	Comments
Air embolism	Air embolism may be accompanied by convulsions, opisthotonos, and vocalization. If used, it should be done only in anesthetized animals.
Blow to the head	Unacceptable for most species.
Burning	Chemical or thermal burning of an animal is not an acceptable method of euthanasia.
Chloral hydrate	Unacceptable in dogs, cats, and small mammals.
Chloroform	Chloroform is a known hepatotoxin and suspected carcinogen and, therefore, is extremely hazardous to personnel.
Cyanide	Cyanide poses an extreme danger to personnel and the manner of death is aesthetically objectionable.
Decompression	Decompression is unacceptable for euthanasia because of numerous disadvantages. (1) Many chambers are designed to produce decompression at a rate 15 to 60 times faster than that recommended as optimum for animals, resulting in pain and distress attributable to expanding gases trapped in body cavities. (2) Immature animals are tolerant of hypoxia, and longer periods of decompression are required before respiration ceases. (3) Accidental recompression, with recovery of injured animals, can occur. (4) Bleeding, vomiting, convulsions, urination, and defecation, which are aesthetically unpleasant, may develop in unconscious animals.
Drowning	Drowning is not a means of euthanasia and is inhumane.
Exsanguination	Because of the anxiety associated with extreme hypovolemia, exsanguination should be done only in sedated, stunned, or anesthetized animals.
Formalin	Direct immersion of an animal into formalin, as a means of euthanasia, is inhumane.
Household products and solvents	Acetone, quaternary compounds (including CCl <sub>4</sub> ), laxatives, clove oil, dimethylketone, quaternary ammonium products*, antacids, and other commercial and household products or solvents are not acceptable agents for euthanasia.

Agent or method	Comments
Hypothermia	Hypothermia is not an appropriate method of euthanasia.
Neuromuscular blocking agents (nicotine, magnesium sulfate, potassiumchloride, all curariform agents)	When used alone, these drugs all cause respiratory arrest before loss of consciousness, so the animal may perceive pain and distress after it is immobilized.
Rapid freezing	Rapid freezing as a sole means of euthanasia is not considered to be humane. If used, animals should be anesthetized prior to freezing.
<u>Smothering</u>	<u>Smothering of chicks or poults in bags or containers is not acceptable.</u>
Strychnine	Strychnine causes violent convulsions and painful muscle contractions.
Stunning	Stunning may render an animal unconscious, but it is not a method of euthanasia (except for neonatal animals with thin craniums). If used, it must be immediately followed by a method that ensures death.
Tricaine methane sulfonate (TMS, MS 222)	Should not be used for euthanasia of animals intended as food.

\*Roccal D Plus, Pharmacia & Upjohn, Kalamazoo, Michigan



# Euthanasia

- **Our responsibility**

if an animal's life is to be taken, it is done with **the highest degree of respect**, and with an emphasis on making the death as **painless and distress free** as possible

## AVMA Guidelines on Euthanasia

(Formerly Report of the AVMA Panel on Euthanasia)

June 2007



**Caution** - The AVMA Guidelines on Euthanasia (formerly the 2000 Report of the AVMA Panel on Euthanasia) have been widely misinterpreted. Please note the following:

- The guidelines are in no way intended to be used for human lethal injection.
- The application of a barbiturate, paralyzing agent, and potassium chloride delivered in separate syringes or stages (the common method used for human lethal injection) is not cited in the report.
- The report never mentions pancuronium bromide or Pavulon, the paralyzing agent used in human lethal injection.





경청해 주셔서 감사합니다.