

## 淺談實驗動物麻醉



臺灣大學獸醫系82年班  
美國克里福蘭州立大學碩士  
曾任  
臺灣動物科技研究所人工器官中心獸醫師  
台大醫學院動物中心繁殖組獸醫師  
捷懿企業有限公司獸醫師  
歐易企業股份有限公司獸醫師

邦進企業有限公司  
獸醫師 陳序宸

### 麻醉實驗動物（動物保護法）

- 第3條：實驗動物：指為科學應用目的而飼養或管領之動物。
- 第15條：使用動物進行科學應用，應儘量避免使用活體動物，有使用之必要時，應以最少數目為之，並以使動物產生最少痛苦及傷害之方式為之。
- 第16條：進行動物科學應用之機構，應設置實驗動物照護及使用委員會或小組，以督導該機構進行實驗動物之科學應用。

## 麻醉實驗動物（動物保護法罰則）

- 第29條：有下列情事之一者，處新臺幣三萬元以上十五萬元以下罰鍰：
  - 二、違反第十五條第一項、第十七條或第十八條規定，未依第二十四條規定限期改善或為必要之處置。
  - 三、違反第十六條第一項規定，未成立實驗動物照護及使用委員會或小組。

## 麻醉實驗動物（實驗動物使用指南）

- *Procedures that may cause more than momentary or slight pain or distress to the animals will be performed with appropriate sedation, analgesia, or anesthesia unless the procedure is justified for scientific reasons in writing by the investigator”*
- *PHS Policy on Humane Care and Use of Laboratory Animal*

## 實驗動物麻醉

對象：小鼠 大鼠 兔 豬

計畫：制訂麻醉計畫（實驗計畫）

操作：動物保定

施予藥物

麻醉進行實驗操作

## 實驗動物保定（基本原則）

- 保定：保護並且固定動物
- 維持實驗動物的安全和舒適
- 保定任何實驗動物，操作人員應該要脾氣溫和，但手勢堅決穩定。
- 不可無故騷擾動物

## 實驗動物保定（小鼠）

- 從尾部從籠內提起小鼠，將小鼠放置可攀附的網上
- 用拇指和食指收攏頸部皮膚，其餘三指和手掌固定小鼠背部皮膚
- 放回動物時，請盡量讓動物接近籠底

## 實驗動物保定（小鼠）



Fig. 18.15 Lifting mouse from the cage.



Fig. 18.17 Restraining of a mouse.



Fig. 18.16 Restraining of a mouse.



## 實驗動物保定（大鼠）

- 由尾基部提起大鼠
- 用手掌穩定的抓住大鼠的背，拇指和食指扣住大鼠的頸部，其餘三指環繞大鼠身軀
- 注意手勁，避免造成窒息
- 適用於短期操作，如管餵或注射藥物

## 實驗動物保定（大鼠）



Fig. 19.6 Method of holding a rat which has not been handled previously.



Fig. 19.7 Holding a relaxed rat



Fig. 19.7 Holding a friendly rat or one used to handling.



Fig. 19.8 Restraining a rat.

## 實驗動物保定（天竺鼠）

- 和大鼠保定方式相同



Fig. 23.6 Method of holding a guinea-pig.



Fig. 23.7 Sexing a guinea-pig. In the male the penis is easily extruded from the genital opening using gentle pressure. In the female the vaginal membrane will be exposed.

## 實驗動物保定（兔子）

- 一隻手抓住兔子頸背，另一隻手托住兔子後軀。
- 或者使用大毛巾裹住兔子。
- 兔子強踢後腿，將可能造成脊椎損傷，一定要避免兔子懸空蹬跳。
- 切勿僅僅握住耳朵，將會使耳朵軟骨骨折出血

## 實驗動物保定（兔子）



Fig. 26.5 How to pick up an adult rabbit.



Fig. 26.7 Position for examining or carrying a rabbit.



Fig. 26.6 Position for carrying a rabbit.

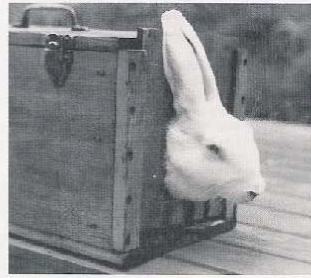
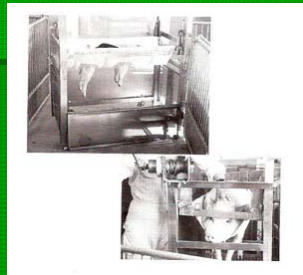


Fig. 26.8 A restraining box.

## 實驗動物保定（豬）

- 以鋼索或繩子做成套繩，由後端套住豬口鼻部，繩圈需為於犬齒後方。拉緊後，將一端固定於欄杆
- 小豬保定，可用粗繩或彈力繩結網，將豬放於網上，四腳穿過網目，豬懸空不易掙扎移動，也可前二腳或後二腳綁在一起，豬隻更無法動彈。

## 實驗動物保定（豬）



## 動物施予藥物方式

- SC- Subcutaneous 皮下注射
- IM- Intramuscular 肌肉注射
- IP- Intraperitoneal 腹腔注射
- IV- Intravenous 血管注射



# 注射-SC



讓小鼠趴在鐵蓋上，  
右手拉尾巴，左手抓起皮層保定



插入皮層，回抽後，打入，完成

# 注射- IM



小方巾  
蓋住上半身

1



露出右小腿

2



食指. 中指  
夾住右小腿

3



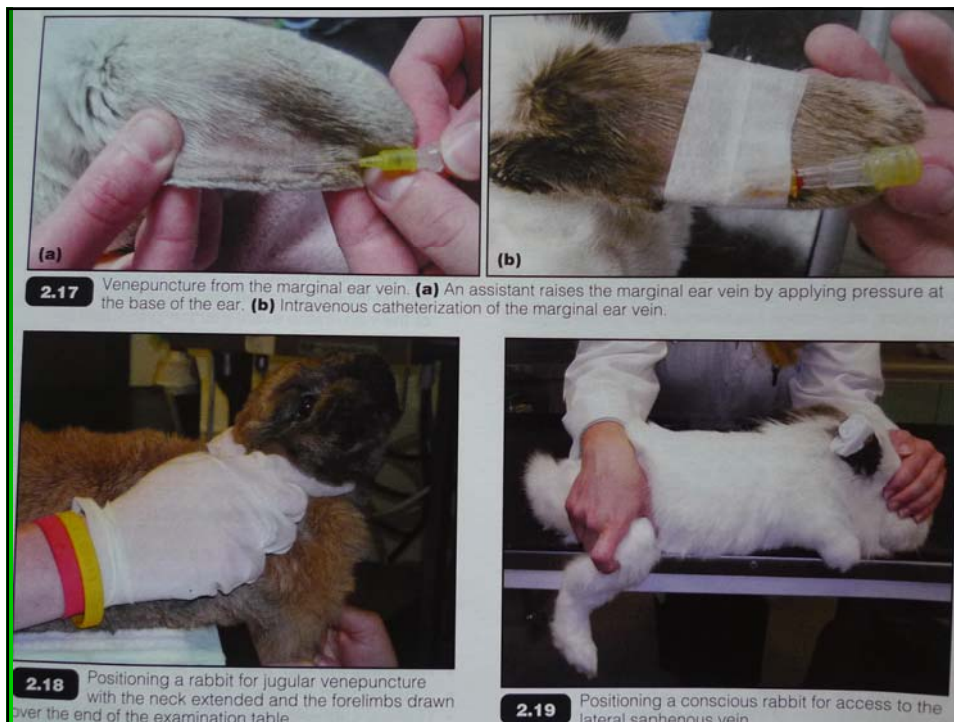
插入. 回抽. 打入. 完成

4



## 最大注射量

注射方式	Mice	Rats
皮下注射 SC	2-3ml 頸背	5-10ml 頸背 腹脇
肌肉注射 IM	0.05ml 四頭肌	0.3ml 四頭肌
腹腔注射 IP	2-3ml	10-15ml
血管注射 IV	0.2ml 尾靜脈	0.5ml 尾靜脈







**2.20** Venipuncture of the lateral saphenous vein. **(a)** An assistant raises the lateral saphenous vein by occlusion caudal to the stifle. **(b)** The phlebotomist holds the limb at the hock and pulls the skin taut over the vessel to aid placement of the catheter. **(c)** The catheter is taped securely in place.



**2.21** Venipuncture of the cephalic vein. **(a)** Positioning the rabbit. **(b)** Intravenous catheterization of the cephalic vein.





## 實驗動物麻醉

小鼠 大鼠 兔 豬

麻醉

(1)鎮痛、(2)意識喪失、  
(3)肌肉鬆弛、(4)降低反射。

作用迅速及排泄，無副作用

目前無理想的麻醉藥，  
臨床上大多併用數種藥物

--平衡麻醉法

## 麻醉前是否禁食？

- 狗，貓，靈長類：8-12 hours
- 豬：12-18 hours
- 反芻動物(牛，羊)：24-48 hours
- 兔子：0-6 hours
- 小鼠不可禁食超過3-4 hours，可能會低血糖
- 兔子，齧齒類因為不嘔吐，所以食物和水不會反溺至呼吸道，所以通常沒有必要禁食

## 實驗動物麻醉基本原則

不可能有單一的麻醉劑量可以適用所有動物

品種變化、甚至同品系，不同大小，年齡，性別差異都可能造成麻醉的差異。

動物所處的生理狀態也會影響麻醉的效果，動物興奮，麻醉效果較差

動物過胖，脂肪將作為麻醉劑的儲存庫，延長恢復

動物生理狀況：體溫、脫水、肺、肝、腎功能異常

## 動物麻醉分期

麻醉可分為4期

第一期 無痛期：抑制大腦皮質知覺中樞，痛覺消失，知覺障礙類似幻覺，意識清楚，反射依然存在。

第二期 興奮期：呼吸急促，狂亂或發出叫聲，對外界刺激敏感

第三期 手術麻醉期：適合進行手術操作

第四期 呼吸麻痺期：呼吸、心跳停止，動物瀕於死亡，需急救。

## 動物麻醉生理觀察指標

呼吸：輕度麻醉為胸式呼吸，麻醉越深，越接近腹式呼吸。呼吸頻率異常時表示麻醉不穩定。

黏膜顏色：正常黏膜顏色為粉紅色，缺氧時，組織呈現深紫暗紅色

微血管再充血時間（CRT）：手壓牙齦後放開，應於2秒內回復正常顏色，否則心輸出功能不佳

脈搏：頻率穩定，無雜音。

反射：眼瞼反射，趾間痛覺反射可作為麻醉指標，口咽吞嚥反射可為呼吸麻醉甦醒指標。

## 降低麻醉風險四要素

- 術前掌控生理狀況
- 防止低體溫
- 良好的麻醉監控
- 良好的藥物使用

~對任何動物的麻醉都適用

## 齧齒動物麻醉

小鼠 大鼠

### 防止低體溫(術中+術後恢復期)

- 小體型動物易失溫 (代謝快+體表面積大+麻醉中不活動+剃毛+酒精消毒...)
- 各種方式保溫(熱風墊 溫水毯 電毯)
- 各種方式防止散熱
- 體溫監控





## 良好的藥物使用

- 良好術前鎮靜可減少麻醉劑量
- 良好的麻醉劑與給予方式
- 給予止痛劑  
(縮短恢復期+減少術後厭食)

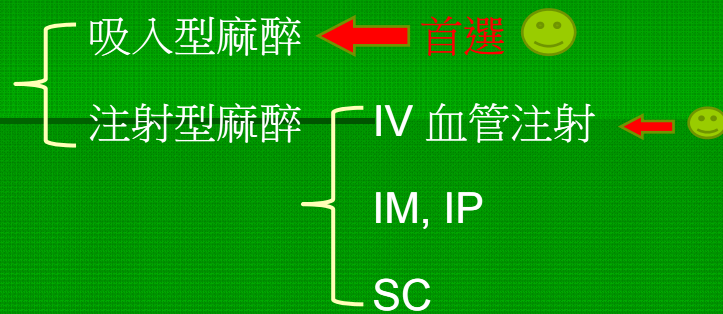
## 麻醉劑的選擇

- 希望的麻醉時間與深度
- 給予方式:
  - 吸入型麻醉
  - 注射型麻醉
    - 全身性
    - 局部麻醉(外加)

## 麻醉方式選擇

- 原則: 希望能快速達到效果

及快速調整深度 (不過量/麻過深)



## 鎮靜 (可減少麻醉劑量)

	Mice	Rats	Guinea Pig	Rabbit
Acepromazine	2-5mg/kg sc, ip	2.5mg/kg im, ip	0.5-1 mg/kg im	0.1-0.5mg/kg im
Diazepam	5mg/kg im	2.5-5mg/kg im, ip	2.5mg/kg im, ip	1-2mg/kg im, ip
Midazolam	5mg/kg im	2.5mg/kg ip	5mg/kg im	2mg/kg iv, im, ip
Fentanyl/ fluanisone	0.1-0.3mg/kg im, ip	0.2-0.5mg/kg im	0.5mg/kg im	x
Medetomidine	30-100ug/kg sc	30-100ug/kg sc	x	0.1-0.5mg/kg im, sc
Xylazine	5-10mg/kg ip	1-5mg/kg im, ip	x	5mg/kg im

● =管制藥品

## 注射型麻醉 (鎮靜+麻醉併用)

	Mice	Rats	Guinea Pig	Rabbit
● Fentanyl ● +Diazepam	0.3mg/kg im +5mg/kg ip	0.3mg/kg im +2.5mg/kg ip	1mg/kg im +2.5mg/kg ip	0.3mg/kg im +2mg/kg ip, iv
● Ketamine ● +Medetomidine	75mg/kg +1mg/kg ip	75mg/kg +0.5mg/kg ip	40mg/kg +0.5mg/kg ip	15mg/kg sc +0.25mg/kg sc
● Ketamine ● +Xylazine	80-100mg/kg +10mg/kg ip	75-100mg/kg +10mg/kg ip	40mg/kg +5mg/kg ip	35mg/kg im +5mg/kg im
● Ketamine ● +diazepam				25mg/kg im +5mg/kg im
● Propofol	26mg/kg iv	10mg/kg iv	10mg/kg iv	10mg/kg iv

● =管制藥品

管制藥品係指成癮性麻醉藥品、影響精神藥品、其他認為有加強管理必要之藥品。依習慣性、依賴性、濫用性及社會危害性之程度，分四級管理。

\*限供醫藥及科學上之需用

主管機關：衛生福利部(食品藥物管理署)

須申請管制藥品使用執照才可使用

購買及每次使用皆需記錄 每年度申報

## 麻醉量-管制藥(Mice)

- **Pentobarbital + Saline:**  $0.1+0.5=0.6$  ml  
每隻給予0.1ml (IP)

- **Ketamine + Xylazine (Ropum) IP**

原始濃度(50mg/ml) (20mg/ml)

→ ( 100 mg/kg ketamine and 10 mg/kg xylazine )

1. 取2 ml Ketamine + 0.5 ml Xylazine, 加滅菌水至10ml, 混勻
2. 標明於管上(Ketamine+Xylazine), 0.1 ml/ 10g,  
配藥時間, 有效期間(以最早過期的藥為基準, 最久不超過3個月)
3. 避光, 放冰箱
4. 給予0.1ml/ 10g, IP; 需要追加時, 給予1/3-1/2 劑量
5. 避免失溫, 可使用檯燈, 照燈或小面巾  
P.S. (紅單57088: 10CC滅菌空瓶; 57089: 20滅菌空瓶)

## Barbiturates

- Duration
  - Phenobarbital 6-12 hours
  - Pentobarbital 1-2 hours
  - Thiomytal 10-20 minutes
- Severe cardiovascular and respiratory depression
- Slow IV injection will be safely
- *Too fast IP injection often associated with high mortality*
- Dosage, diluted to 10 mg/ml first
  - rat, 25-40 mg/kg, IP, IV
  - mouse, 40-80 mg/kg, IP, IV
  - rabbit, 25-40 mg/kg, IP
  - hamster, 50-90 mg/kg, IP



## Ketamine

- Dissociative anesthetic
  - May cause respiratory depression and seizures (*controllable with diazepam or xylazine*)
  - Anesthetic for minor procedures
  - Increased skeletal muscle tone
  - Incomplete anesthesia and muscle rigidity
- Dosage
    - rodents 100 mg/kg IM
    - cats and dogs, 11-22 mg/kg IM, usually mix equal volumes of diazepam (5mg/ml) to effect
    - cats and dogs 2.2-4.4 mg/kg IV, if BW >30kg, be careful to use ketamine alone

Ketamine + Xylazine(Ropum)=10:1  
(50mg/ml) (20mg/ml)

1. 取2 ml Ketamine + 0.5 ml Xylazine, 加滅菌水至 10ml, 混勻
2. 標明於管上(Ketamine+Xylazine), 0.1 ml/ 10g, 配藥時間, 有效期間(以最早過期的藥為基準, 最久不超過 3個月)
3. 避光, 放冰箱
4. 給予0.1ml/ 10g, IP  
( 100 mg/kg ketamine and 10 mg/kg xylazine !!)
5. 需要追加時, 給予1/2 劑量
6. 避免失溫, 可使用檯燈, 照燈或小面巾

# Propofol

奶白色含油乳劑

今年變管制藥

平穩 迅速 達到麻醉深度

短效 清醒快又平穩

少肌肉強直 少噁心嘔吐

肝腎毒性小



只能靜脈給予

注意呼吸抑制 (須主動供氧)



# Propofol

Mice	Rats		Rabbit	Dog
26mg/kg	10mg/kg		10mg/kg	

只能靜脈給予

注意呼吸抑制 (須主動供氧)

## 麻醉量-非管制藥

- 舒泰 Zoletil 50: (50mg/ml)  
與鎮靜劑Xylazine(Ropum)混合使用
- Rat:  
0.1ml 舒泰50/ 100g BW IP  
0.05ml Rompun/ 100g BW IP
- Mice (約20g): 上述劑量, 稀釋5倍再使用  
0.1ml 舒泰50/隻 IP  
0.05ml Rompun/隻 IP
- Rabbit:  
1 ml/3kg 舒泰50 IV  
0.2~0.3 ml/kg 舒泰50 IM
- Swine:  
1.2ml/10kg

## Zoletil® 舒泰® 50

Tiletamine & Zolazepam 1:1

乾粉+蒸餾水使用前混勻= 50mg/ml

非管制藥

可肌肉或靜脈給予

避免過度分泌唾液

(麻醉前15分給予atropine)

較易誘發嘔吐 與肌肉強直



# Zoletil 舒泰50

麻醉前15分給予atropine 0.05-0.1mg/kg

肌肉 IM 注射 (3-6分進入麻醉)

Mice	Rats	G P	Rabbit	Dog
100-160 mg/kg	20-40 mg/kg	10-25 mg/kg	10-15mg/kg +5mg/kg xylazine	7-25mg/kg

靜脈 IV 注射 (1分內進入麻醉)

Mice	Rats	G P	Rabbit	Dog
				10-15mg/kg

# Zoletil 舒泰50 (50mg/cc)

麻醉前15分給予atropine 0.05-0.1mg/kg

肌肉 IM 注射 (3-6分進入麻醉)

舉例：小鼠體重20g (劑量：100mg/kg)

應給予劑量：2mg=0.04cc IM

或稀釋10倍，變成0.4cc IP



## Tribromoethanol(Avertin)

是一種短效的麻醉劑，一般用於齧齒類的手術。它有快速的誘導期和恢復期(15分鐘手術麻醉和90分鐘完全恢復)，不是商品化藥物必須自行配製。只有經IACUC同意才能使用。

若不依照規範操作，可能造成藥力降低及因為效力下降而造成注射部位的壞死和可能導致動物的死亡。另外重複腹腔注射可能導致發炎反應、局部刺激、內臟粘連和動物死亡。

- Avertin只能使用在小鼠。

## Avertin配製和儲存使用的規範:

1. 使用0.2 micron filter過濾滅菌。
2. 必須在滅菌狀態下儲存和使用。
3. 儲存在深色瓶子或錫箔紙包覆的容器內。
4. stock和working stock solutions必須儲存在4°C環境下。
5. 假如溶液變成無色或有沉澱時，不可使用。
6. 每次使用時都必須測PH值，且要在PH 5以上才能使用。
7. 所有溶液包括stock solution，在4個月後都要拋棄。
8. 所有容器都須標示包括藥品的名稱和濃度、配製日期和誰泡的。

## Dexdomitor® 得麻效®

Dexmedetomidine 非管制藥

可肌肉或靜脈給予

單獨使用或與Zoletil舒泰合併使用



Antisedan® 安醒順®

atipamezole

為得麻效的專屬解劑

肌肉注射十分鐘左右清醒



### Dexdomitor®/得麻效® 於野生動物的使用經驗分享

➤ 此為臨床經驗分享，屬於 off-label use，非輝瑞大藥廠原廠所試驗或建議。

動物別	Dexdomitor 得麻效 使用劑量	搭配的藥物用量		Antisedan 安醒順 使用量 (以得麻效的使用 總毫升量作比對: 得麻效:安醒順)
		Ketamine	Zoletil 舒泰	
反芻獸	20 $\mu$ g/kg/IM	3~5mg/kg	2~3mg/kg	1:0.5
肉食獸	20 $\mu$ g/kg/IM	3~5mg/kg	2~3mg/kg	1:1
熊類	20 $\mu$ g/kg/IM	3~5mg/kg	2~3mg/kg	1:1
*以上來自台北市立動物園的使用分享				
天竺鼠	225 $\mu$ g/kg/SC, IP			1:0.5
倉鼠	50 $\mu$ g/kg/SC, IP			1:2
實驗大鼠/小鼠	15-50 $\mu$ g/kg/SC, IP			1:2
兔子	50-250 $\mu$ g/kg/SC, IM			1:1
兔子(醫院分享)	100 $\mu$ g/kg/SC, IM	1mg/kg		1:1
兔子(王威祺醫師)	單用或併用 ketamine/舒泰 可與貓相同			

## 吸入型麻醉劑

麻醉氣體: 乙醚

笑氣  $N_2O$

揮發性麻醉劑: Halothane

Isoflurane ←

Sevoflurane

## Isoflurane

吸入性麻醉劑 非管制藥

平穩達到麻醉深度

可控制麻醉深度

吸多久麻多久

呼吸排出 肝腎毒性小

需專用氣化瓶及麻醉機設備



# Isoflurane

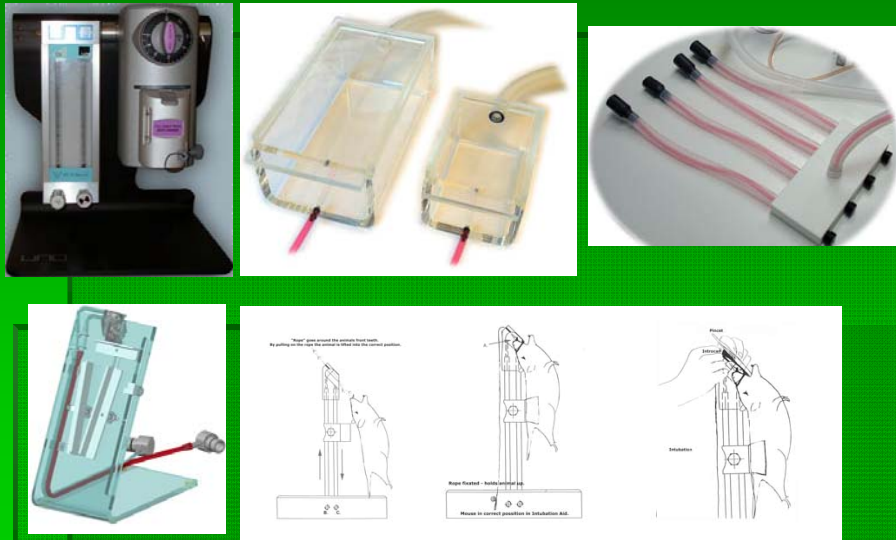
專用氣化瓶及麻醉機設備



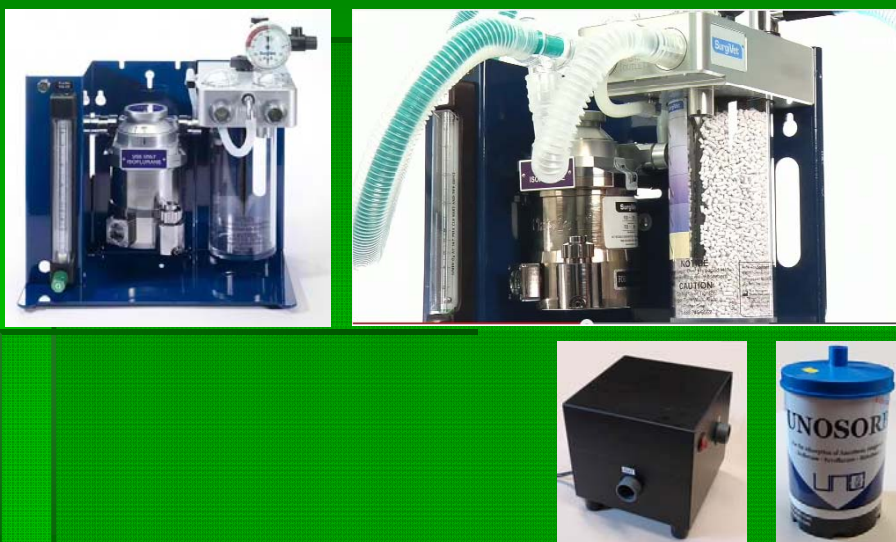
小動物麻醉機空氣流量建議對照表				
	體重範圍(g)	每分鐘空氣需求量(CC./PM)	建議值(CC./PM)	
小鼠	0	25	36	100
	25	50	72	100
	200	300	288	300
	300	400	384	400
	400	500	480	500
大鼠	500	600	576	600
	600	700	672	700
	700	800	768	800
	800	900	864	900
	900	1000	960	1000
氣體維持麻醉濃度參考值				
小鼠	2~2.5%			
大鼠	2%			



# 小動物用氣體麻醉機



# 大動物用氣體麻醉機



**6.6** Guinea pig in a simple anaesthetic induction chamber. The chamber is filled from the bottom and waste gases are scavenged from the top.

**6.8** Rodent facemasks of various sizes that incorporate a gas-scavenging system. Anaesthetics are delivered through the inner ring and scavenged from the outer ring.

**6.9** Rat with an intranasal catheter that can be used for oxygen supplementation or inhaled anaesthetic administration.

**6.8** Univentor gas scavenger device.

**16.8** Use of an otoscope to view the larynx endotracheal intubation.

**16.9** Appearance of the larynx when viewed through an otoscope.

**16.10** Rabbit positioned for 'blind' intubation.

**16.1** An endotracheal tube connector and paediatric T-piece with low dead space, for use in smaller rabbits (<1 kg). A standard connector is shown for comparison.

**v-gel®**  
advanced veterinary airway management system

**for Rabbits**

The v-gel® is a true veterinary species specific airway management device. The v-gel® technology was first introduced in 2005 for the management of airway obstruction and resuscitation in horses. The v-gel® airway device has since been adapted for use in a wide range of species, bringing significant patient and owner benefits on a global scale.

Documentation of the v-gel® airway management devices, the benefits and the v-gel® manufacturing technology development process are all available on the v-gel® website. After an extensive new v-gel® trials and development programme, the v-gel® for rabbits has been developed. This device brings the same benefits experienced in humans and horses to the rabbit, providing a safe and effective airway management system with the first ever species specific supraglottic airway device.

**v-gel®** name is derived for 'v' for 'veterinary' and 'gel' for 'gelatin'. The v-gel® is made from a very soft gelatin material that conforms with anatomically shaped airways. The v-gel® provides a secure and high quality pressure seal around the airway and allows for easy insertion and removal.

**v-gel®** is an internationally patented, radical innovation for veterinary airway management which delivers significant benefits.

**The benefits of v-gel®**



**v-gel® for RABBITS**

The **v-gel®** for rabbits is designed exclusively for this species and includes all of the features of the **v-gel®** for felines except for the inflatable dorsal pressure adjuster.



## 嚙齒類使用二氧化碳施行安樂死

嚙齒類必須由受過訓練的人員使用適當的技術、設備和藥劑進行安樂死。動物死亡應該儘可能無痛和快速。上述過程的評估，死亡必須被適當的方法如心跳停止、呼吸停止、瞳孔散大等確認。安樂死不可在動物房操作。

二氧化碳在小鼠、大鼠、天竺鼠和倉鼠是最普遍使用的安樂死方式

## 啮齒類使用二氧化碳施行安樂死

重要的事項:

1. 初生的動物(最多10天)對CO<sub>2</sub>的作用是有抵抗性的。
2. 不同種類的動物不可混雜。
3. 具有CO<sub>2</sub>氣體壓力閥的鋼瓶是唯一被認可的來源。
4. 不能預先充氣在二氧化碳容器內，動物放入容器內後，開始注入二氧化碳至濃度100%。充氣的速率必須設在每分鐘充滿容器體積的20%，一直增加到在容器內存在的氣體使動物在無痛的狀態下快速失去意識。(如10L體積的容器，每分鐘流速為2L)突然將有意識的動物曝露在70%或以上濃度的CO<sub>2</sub>，已經顯示是痛苦的。
5. 失去意識的時間通常在2-3分鐘之間。當呼吸停止時，CO<sub>2</sub>的流速至少需維持1分鐘。
6. 一般針對一群動物進行安樂死時，必須讓每隻動物都能表現出正常的姿勢且盡可能在牠們的飼育盒中。
7. 二氧化碳的psi(pound per square inch)不可超過5 psi。