

脊椎動物適用及禁用品之麻醉及安樂死方法

一、前言

動物安樂死的目的是以人道的方式使動物死亡，它以最低程度的疼痛、最短的時間使動物失去知覺和痛覺。在 2000 Report of the AVMA Panel on Euthanasia 中詳細介紹了動物安樂死的各種方法和優缺點，本文僅對脊椎動物於科學、教學及試驗應用範圍內提供建議方法。

(一) 以安樂死作為解除疼痛的選擇

如無法以其他方式解除動物的疼痛(pain)或窘迫(distress)時，建議施予安樂死。在科學研究中，如動物的死亡是可預期或必然的實驗結果，則研究者應依據病理、生理或行為面詳加敘述動物實驗的終點(end points)，除非安樂死確實影響實驗結果，否則應在動物呈現垂死、死後組織自體溶解、或死後被籠內其他同類相食前以人道的方式解決。安樂死不但可以解決動物遭受嚴重疼痛，並可透過完整的屍體解剖更進一步了解動物的狀態，有助於實驗之進行。

(二) 執行安樂死的時機

一般而言選擇安樂死的考量因素有：動物體重下降、消瘦、成長期動物未增重、無法有效控制的疼痛、過度的腫瘤增長或腹水產生、持續性的自殘行為、疾病造成的全身性脫毛、因實驗因素無法治療的長期下痢、嚴重呼吸道感染、持續性的倦怠伴隨粗造的皮毛、拱背、腹圍擴大、四肢無法行走、嚴重貧血、黃疸、異常的中樞神經反應(抽蓄、顫抖、癱瘓、歪頭等)、無法控制的出血現象、排尿異常(無尿、多尿等)、影響進食飲水的病症、傳染性疾病末期、嚴重低溫、明顯的功能損傷、動物遭受長期窘迫時的行為及生理現象等。

各機構的動物實驗管理委員(IACUCs)、研究人員、獸醫師、研究部門主管應對實驗動物的終點(end points)、以及何時執行動物安樂死等方面共同擬定該機構之政策。

(三) 安樂死：技術以及對執行者的衝擊

由於動物失去知覺與死亡的時間點不盡相同，且有些如靜脈注射或斷頭等方法需較高的技巧，難以由未接受訓練的人員立刻操作、或者決定動物是否遭受疼痛或失去知覺。各機構的動物實驗管理委員(IACUCs)與獸醫師應建立人員訓練計畫，使人員學習正確的安樂死技術、了解動物安樂死的目的，並安排人員間的相互討論，以舒解可能的心理緊迫。

(四) 避免造成其他動物的恐懼感

窘迫的叫聲、恐懼的行為、驚嚇動物的費洛蒙氣味等，皆引起其他動物的焦慮和不安，這些因素會影響存活動物的身心平衡與福祉，干擾實驗結果。因此，動物安樂死時，最好選擇遠離同種動物的非公開場所來執行。

（五）輔助執行安樂死

動物安樂死首要考量為解除動物的疼痛與窘迫，因此面對神經質或難以駕御的動物，可先給予鎮定劑或止痛劑等藥物，以便降低動物的緊迫與恐懼。

（六）確認死亡

確認動物是否死亡是非常重要的事項。執行安樂死後人員需檢查動物的心跳是否完全停止。停止呼吸不能作為判斷死亡的依據，動物往往先停止呼吸，數分鐘之後才停止心跳，尤其是使用二氧化碳進行安樂死時，需特別注意。

二、選擇安樂死的藥物與方法

動物安樂死的方法取決於品種，大小，溫馴度，興奮度，對疼痛、窘迫、疾病的感受性，保定方法，實驗是否需組織採樣及其他因素。適當的物理性保定不僅可減低動物的恐懼、焦慮及疼痛，並可保障操作人員的安全。另外，人員的技術、動物的數量亦為安樂死程序是否順利完成的重要因素。

選擇安樂死藥物與方法的準則：

- 使動物無疼痛、窘迫、焦慮、不安的失去知覺至死亡的能力
- 失去知覺至死亡花費的時間
- 可靠性
- 對操作人員的安全性
- 不可逆性
- 對操作和觀察人員的情緒影響
- 對其後的評估、檢驗、組織應用的適合性
- 對品種、年齡、健康狀況的適合性
- 價格與可利用性
- 效能與操作方便性
- 對環境的衝擊
- 人濫用藥物的潛在性

安樂死的藥物與方法有三類：吸入性藥劑、非吸入性(化學性)藥劑、物理性方法。安樂死時最好先抑制動物的中樞神經而使其失去知覺，解除疼痛感。因此，首選為使用過量的化學性麻醉藥劑。動物一旦被施予深度麻醉，之後使用的安樂死方法選擇性較多，也較人道。如因科學研究所需無法使用麻醉劑，則使用物理性安樂死方法。

(一) 吸入性藥劑

常見藥物如乙醚、halothane、methoxyflurane、isoflurane、enflurane、氮氣、一氧化碳、二氧化碳等麻醉藥劑。通常藉由氣麻機或可透視的密閉容器執行體重低於 7 公斤的小型哺乳動物與鳥類安樂死，由於仔獸對缺氧狀態耐受性高，吸入藥劑的時間需延長 3-5 倍，亦可配合其他方法共同進行。

大部分的吸入性藥劑對人體有害，因此需在通風良好場所執行。乙醚具有易燃、易爆的性質，通常不建議使用。如因特殊需求而使用乙醚進行動物安樂死，則全程需在抽氣櫃內操作，動物屍體需置於防爆冰櫃內。氯仿對人具有肝毒性和致癌性，一氧化碳對人員有害，因此不建議使用。

二氧化碳是實驗動物常用的吸入性安樂死藥劑，吸入 40% 二氧化碳時很快達到麻醉效果，而長時間持續吸入時可導致動物死亡。它容易使用、價格便宜、無易燃易爆性、無異味，在通風良好的場所使用時較其他藥劑更安全。利用高壓桶裝的二氧化碳，使用時先將適量二氧化碳灌入安樂死箱底部，再放入動物，之後再緩慢持續加入二氧化碳，可減低動物死亡前的焦慮。動物停止呼吸後至少在箱內停留 5-6 分鐘，檢查動物確實死亡，之後再移除動物。每次操作時注意安樂死箱內勿過度擁擠，並且使用透視性佳的箱子，以便易於確認動物死亡。

(二) 非吸入性藥劑

多數為注射性藥物，此類藥劑有多種投與方法，但是靜脈注射是最佳選擇。如需給予心臟注射，需先學習相關技術，否則如因操作不當而使藥物洩漏至胸腔或肺臟時，會導致動物痛苦、並延長死亡時間，因此只有在動物已呈現垂死、休克、或深度麻醉中才給予心臟注射。腹腔注射需使用較高劑量的藥物，而且可能使動物死亡時間延長及死前掙扎。

巴比妥鹽及其衍生物是動物安樂死的首選藥物。它人道、安全、正確投藥時效果迅速，靜脈注射時可使動物安詳的沉睡至死。巴比妥鹽及其衍生物中 sodium pentobarbital 的效果最佳，目前廣泛使用於大部分動物的安樂死。使用此類藥劑的缺點為必需每隻動物個別保定後投予，且操作人員須具有動物靜脈注射技術，由於可能造成人類濫用，此類藥劑需經管制藥品管理局申請核准後取得及使用。對於難以駕御或過度神經質的動物，須先給予適當的鎮定後注射。經藥物鎮定後的動物由於循環及心跳變慢，對於 pentobarbital 藥物注射後的反應時間比直接投藥來的慢，需特別注意。

深度麻醉中的動物可利用快速靜脈注射 KCl (2mmol/kg) 來完成安樂死，但未麻醉動物禁止直接注射 KCl。

其他如 KetamineHCl、xylazine、opioids 等注射性藥物，雖然高劑量注射時亦可使動物死亡，但由於死亡前動物常呈現疼痛及抽蓄現象，因此建議僅使用於動物的一般性保定、鎮定、止痛及麻醉，勿做為動物安樂死用藥劑。

(三) 物理性方法

包括頸椎脫臼、斷頭、放血、槍擊、電擊等。物理性安樂死法在下列三種情形下評估使用：其解剖性狀適合使用此法的小型脊椎動物；大型農場動物；其他安樂死方法會影響實驗結果時。有些人抗拒並排斥物理性方法，但是只要在良好的技巧與適當的工具配合下，它能迅速使動物解除疼痛並死亡。如未受過訓練的人冒然實施物理性方法，不僅易造成人員受傷，更可能使動物未完全死亡而導致極大的痛苦。有些物理性方法，如電擊等，則需配合使用第二種方法(如放血)或重複電擊來完成安樂死。所有操作人員需接受完整的技術訓練，並以屍體多次練習後才正式執行。

頸椎脫臼法常使用於體重低於 200 公克的齧齒類動物、禽類、以及體重低於 1 公斤的仔兔。透過正確的訓練技巧，人員可迅速將動物的頸椎與脊椎脫離，使動物死亡。除非有特殊實驗需求，執行頸椎脫臼前動物應先給予鎮定或吸入二氧化碳，以減低動物的窘迫。對於小型齧齒類動物，利用桿子或拇指食指壓住頭頸部，用另一隻手抓住尾巴，迅速用力向後拉扯後驅，使頸椎脫離頭顱；對於禽類，雙手抓取脖子扭斷；對於仔兔，一手抓頭，另一手抓後肢，將身體迅速拉長，使頸椎脫離頭顱。

因實驗需求無法使用化學性藥劑或二氧化碳實施安樂死時，可利用斷頭台 (guillotine) 砍斷小型齧齒類動物或仔兔的頭頸部。實施此法易造成人員的不適，亦較具危險性，因此需接受完整的技術訓練。人員需溫柔穩固的保定動物，快速地利用斷頭台將頭頸連接處砍斷。注意需隨時保持斷頭台刀片的銳利度，並在每次使用後徹底清洗殘留的血跡和氣味。

如因實驗所需採集動物的全身血液或放血，動物需先麻醉或失去知覺後執行。

三、適用之安樂死方法

(一) 一般常用脊椎動物

安樂死法	小於 125 g 齧齒動物	125 g~ 1 kg 齧齒動物/兔	1 kg~ 5 kg 齧齒動物/兔	狗	貓	非人類 靈長類	反芻動 物.馬.豬.
二氧化碳	○	○	○	×	×	×	×
Barbiturate 注射液, 靜脈注射 (麻醉劑量的 3 倍劑量)	○	○	○	○	○	○	○
Barbiturate 注射液, 腹腔注射 (麻醉劑量的 3 倍劑量)	○	○	○	×	○	×	○
先麻醉, 之後採血(放血)致死	○	○	○	○	○	○	○
先麻醉, 之後靜脈注射 KCl (1-2 meq/kg)	○	○	○	○	○	○	○
先麻醉, 之後斷頭	○	○	△	×	×	×	×
先麻醉, 之後頸椎脫臼	○	○	×	×	×	×	×

動物清醒中直接斷頭	△	△	△	×	×	×	×
動物清醒中直接頸椎脫臼	△	×	×	×	×	×	×
乙醚	△	×	×	×	×	×	×
電昏後放血致死	×	×	×	×	×	×	○

說明：

- ：建議使用的方法； ×：不得使用的方法； △：一般情況不推薦使用，除非實驗需要（需說明於動物實驗申請表，由 IACUC 審核通過後使用）。
- Barbiturate 巴比妥鹽類注射劑屬管制藥品，需事先洽行政院管制藥品管理局申請核可後購買使用。Ketamine 不得作為 Barbiturate 巴比妥鹽的替代品注射於動物安樂死。
- 出生仔鼠對二氧化碳（缺氧）耐受性高，建議安樂死方法為將仔鼠裝入塑膠袋，灌滿二氧化碳，綁緊塑膠袋，置入-15℃冰櫃內。

（二）其他脊椎動物：

魚類	Barbiturate 注射液，靜脈注射（麻醉劑量的 3 倍劑量） 吸入性麻醉藥 二氧化碳 TMS MS222(肉用魚類不得使用 TMS 和 MS222) Benzocaine HCl 脊髓穿刺 砍頭 冷凍法（1 隻 1 公斤以下者得採用冷凍法）
兩棲類	Barbiturate 注射液，靜脈注射（麻醉劑量的 3 倍劑量） Barbiturate 注射液，腹腔注射（麻醉劑量的 3 倍劑量） 吸入性麻醉藥(部分兩棲類會憋氣，須注意) 二氧化碳 TMS MS222(肉用兩棲類不得使用 TMS 和 MS222) Benzocaine HCl 脊髓穿刺 砍頭

爬蟲類	Barbiturate 注射液，靜脈注射（麻醉劑量的 3 倍劑量） Barbiturate 注射液，腹腔注射（麻醉劑量的 3 倍劑量） 吸入性麻醉藥(部分爬蟲類會憋氣，須注意) 二氧化碳 腦部近距離射擊 砍頭
鳥類	Barbiturate 注射液，靜脈注射（麻醉劑量的 3 倍劑量） Barbiturate 注射液，腹腔注射（麻醉劑量的 3 倍劑量） 吸入性麻醉藥 二氧化碳 麻醉後頸椎脫臼 腦部近距離射擊
野生動物	Barbiturate 注射液，靜脈注射（麻醉劑量的 3 倍劑量） Barbiturate 注射液，腹腔注射（麻醉劑量的 3 倍劑量） 吸入性麻醉藥 二氧化碳 麻醉後靜脈注射 KCl 腦部近距離射擊

(三) 巴比妥鹽類(Barbiturate)之安樂死劑量(mg/kg):

Species 種別	靜脈注射(mg/kg)	腹腔注射(mg/kg)
小鼠(Mouse)	150	150
大鼠(Rat)	150	150
兔(Rabbit)	100	150
天竺鼠(Guinea Pig)	120	150
倉鼠(Hamster)	150	150
綿羊(Sheep)	90	
山羊(Goat)	90	
家禽(Chicken)	150	150
貓(Cat)	80	80
狗(Dog)	80	80
豬(Swine)	90	
貂類(Ferret)	120	120

小型袋鼠(Opossum)		
靈長類(Primate)	80	

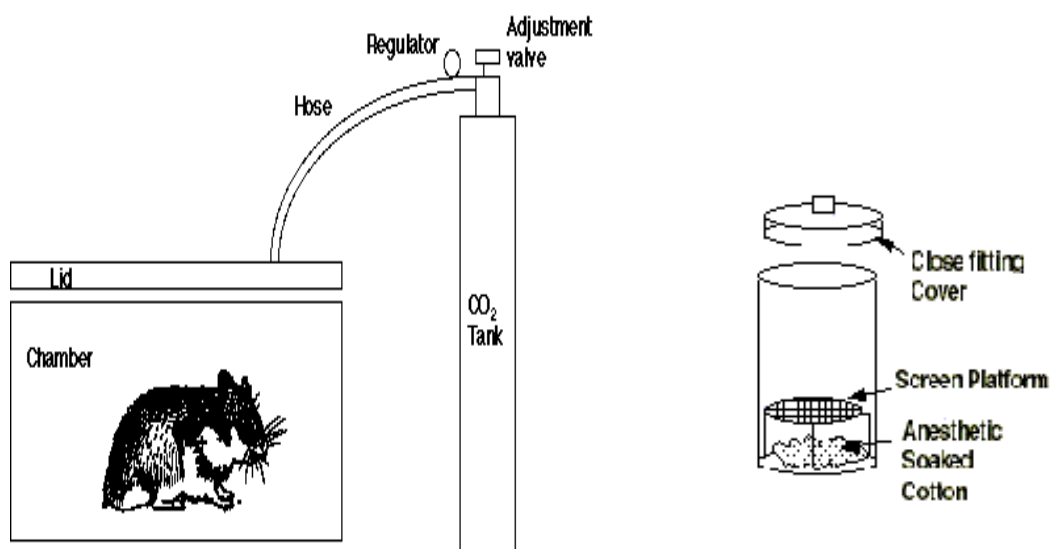
註 1：一般動物以麻醉劑量的 3 倍劑量為安樂死劑量

註 2：資料取材自

- (1) 2000 Report of the AVMV Panel on Euthanasia。
- (2) <http://www.ahc.umn.edu>。
- (3) <http://research.uiowa.edu/animal/?get=euthanasia>

附錄 1 二氧化碳動物安樂死法：

- (1) 放入動物前，先灌注 CO₂ 於壓克力箱（或 PC 盒）內 20-30 秒，關閉 CO₂，放入動物。
- (2) 再灌注 CO₂ 於箱內約 1-5 分鐘（兔子需較久時間），確定動物不動、不呼吸、瞳孔放大，關閉 CO₂，再觀察 2 分鐘，確定死亡。
- (3) 動物屍體以不透明感染性物質專用塑膠袋包裝、儲藏至冷凍櫃後依法焚燒處理。



附錄 2 乙醚動物安樂死法：

- (1) 乙醚為易揮發，易燃，易爆炸，具致癌性，有眼鼻刺激性之危險物品，其保存及使用皆應有適當之場所設備及標準操作程序或指示方法（如防燃之安全抽風櫃，密閉容器等）。
- (2) 施行於少量，小型實驗動物（如大鼠，小鼠等）為可以接受之安樂死方法。
- (3) 動物屍體之處理仍有安全顧慮，置放於冰箱冰櫃焚化器中皆應特別注意（動物屍體應於安全抽風櫃中暴露至少 30 分鐘，確認死亡後再置於密封之塑膠袋中；動物屍體應儘快清除，不宜置放過久）。
- (4) 乙醚易溶於血中，其引發之安樂死較為耗時。

四、脊椎動物禁止使用之死亡方法

方法	說明
空氣注射	此法導致動物痙攣、角弓反張和哀叫
打爛頭部	大多數動物皆不被接受
燒死	化學式或加熱燒死大多數動物皆不被接受
Chloral hydrate	狗、貓以及小型哺乳動物皆不得使用
氯仿 Chloroform	具有肝毒性且可能有致癌性，有害於人
氰化物 Cyanide	極有害於人
減壓法 Decompression	(1) 導致動物痛苦、垂死時間拉長 (2) 年幼動物耐缺氧狀態，因此需較長時間才能達呼吸停止 (3) 偶發動物甦醒的意外狀況 (4) 會導致動物出血、嘔吐、痙攣、排尿或排便等現象
溺斃	溺斃不是安樂死的方法，亦不人道
放血(採血)致死	大量失血導致動物焦慮及暴躁，放血(採血)致死僅適用於動物已鎮靜、暈倒或麻醉
福馬林	直接將動物浸泡於福馬林，是非常不人道的方法
家庭用產品或溶劑	丙酮類(如去光水)，四級元素(如CCl ₄)、瀉劑、丁香油、四級胺類產品、胃藥、等，皆不得使用
低溫致死	此法不適用於動物安樂死
神經肌肉阻斷劑	如尼古丁、硫酸鎂、KCl、以及其他curariform類南美箭毒製劑。此類藥物單獨使用時，皆造成動物呼吸抑制(暫停)後才失去意識，因此動物在無法動彈後亦遭受一段時間的痛苦和壓迫。
快速冷凍	此法不人道，如因實驗所需選用此法，動物需先深度麻醉
馬錢子素(番木鱉鹼)Strychnine	此藥劑造成動物的劇烈痙攣和痛苦的肌肉抽續
打暈	此法不是動物安樂死法
Tricaine	methane sulfonate (TMS, MS 222)，食用動物勿用此藥劑

資料來源：669 Report of the AVMA Panel on Euthanasia JAVMA, Vol 218, No. 5, March 1, 2001