

實驗動物安樂死方法指導原則

111 年 01 月 18 日依 AVMA 2020 修訂之指引附件二

一、選擇安樂死的藥物與方法

選擇動物安樂死的方法，應考慮動物品種、大小、溫馴度、對疼痛與緊迫的感受性、保定方法、實驗是否需組織採樣等。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。動物死亡的機制有：（1）直接或間接的缺氧。（2）直接抑制腦部神經維生機能。（3）物理性崩解腦部活動並破壞腦神經。操作安樂死程序應在動物失去意識前儘量減低動物疼痛、焦慮及緊迫。

使用管制藥品要依管制藥品條例取得及管理。若使用非藥品級麻醉安樂死藥品時，為確保動物的健康安全與福祉，應確認藥品為無菌，並注意該物質的物理化學性質，包括：純度、等級、穩定性、酸鹼值、滲透壓、對於動物可能產生之副作用等。同時為維持製劑的品質，藥品配製流程與儲存方式應妥善考量，容器外應清楚標示內容物成分、濃度、配製日期與有效期限等資訊。

1. 吸入性藥劑：

基本原則及注意事項：

- 失去意識時間：考量氣體替換率，容器大小及氣體濃度。
- 雖然高濃度氣體可縮短失去意識時間，但也會造成動物厭惡感及緊迫。逐漸增加氣體暴露濃度較為人道。
- 吸入性氣體必須品質純正，不能摻有污染物或添加物。其供應源必須能夠控制氣體替換率或濃度。因此，不得直接利用昇華或燃燒產生氣體的方式進行安樂死。
- 給予並維持吸入性氣體濃度之設備必須依相關規定保養維持在良好工作狀態。
- 幾乎所有吸入性氣體對人員是有害的，應注意操作環境之通風。
- 生病或抑鬱動物因呼吸量降低，導致肺泡氣體濃度延遲上升，容易於誘導期出現躁動反應。興奮的動物由於心輸出量增加，肺泡氣體濃度的上升也會延遲，而容易出現誘導期躁動。此類動物應搭配適當的事前投藥，或改用其他方式進行安樂死。
- 仔獸對低氧耐受性較高，因此要比成年動物死亡耗時更久。吸入性氣體可以單獨使用於未離乳動物使其進入昏迷狀態，但是需比一般動物花上更長時間或搭配輔助方法來達成動物之安樂死。
- 爬蟲類、兩棲類、善潛之禽類和哺乳類等易憋氣，也能進行無氧代謝。此類動物應改以其他方式安樂死，或於動物昏迷後搭配輔助方法安樂死。
- 氣體流速過快會產生噪音及冷氣流，易使動物緊迫，故應在適當之氣體置換率下注意進氣孔徑，並避免氣體直吹動物。
- 吸入性安樂死應在動物舒適狀態下進行，如啮齒類使用原飼養籠具，豬隻則分為小群組，避免擁擠撞擊。
- 應考慮吸入性氣體比重，避免氣體分層或流失，導致安樂死效果不佳。足夠

的流速可促使氣體均勻分布，防漏設計可避免氣體流失。

- **執行後務必確認動物死亡。**如動物未死亡，須重複執行或以其他方式將動物安樂死。

(1).吸入性麻醉藥劑如 halothane、isoflurane、enflurane、sevoflurane 等。

吸入性藥劑藉由汽化器或密閉容器，將藥物投入動物體內，因此使用者須具備相關設備，並設計合適的可透視性密閉容器，以易於觀察動物。大部分的情況下，**動物快速暴露於高濃度藥劑時可快速失去知覺。**多數的吸入性藥劑對人體有害，如乙醚具有易爆性、halothane 易傷害肝臟、氯氣和一氧化碳易導致人體缺氧性、笑氣（N₂O）易導致成癮等，因此人員需在通風良好場所執行。剛出生的仔獸對缺氧環境的耐受性高，因此須較長的吸入時間。使用吸入性藥劑執行安樂死時，**容器內裝入的動物勿過度擁擠，且勿同時混入不同品種的動物，以免造動物死亡前的緊迫。**爬蟲類、兩棲類、善潛之禽類和哺乳類等善於憋氣，因此建議優先選擇其他方法。

優點：對於**體重小於七公斤或難以施打針劑**的動物具有高度價值。halothane、isoflurane、enflurane、sevoflurane，在一般環境條件下無易燃性且無易爆性。可以單獨作為安樂死藥劑或者作為兩階段安樂死中第一階段使動物失去知覺，再以輔助之第二種方法達成安樂死。

缺點：汽化器的設計限制了氣體流量，且常使用氧氣驅動藥劑揮發，因此動物誘導昏迷和缺氧致死所需時間較久。笑氣（N₂O）不可單獨使用，因為會在動物失去意識前先造成缺氧的狀態。由於乙醚具有易燃、易爆的性質，不建議使用。

建議：**使用 halothane、isoflurane、enflurane、sevoflurane 等藥劑於體重小於七公斤的動物為有條件接受之安樂死方法**，且必須符合下列條件。對所用麻醉氣體沒有厭惡反應的物種，應以高濃度使動物迅速失去知覺。有厭惡反應的物種，以低濃度至高濃度逐步誘導麻醉，使動物失去意識。吸入性麻醉藥可單獨當作安樂死藥物，或是作為兩階段安樂死中第一階段使動物失去意識。笑氣（N₂O）不應單獨使用，大型動物不建議使用吸入性氣體麻醉藥物進行安樂死，主要因為所需藥量大而昂貴及不容易施行麻醉及造成死亡。

(2).二氧化碳

空氣中含有 0.04%二氧化碳，它較空氣重、無色、無味。吸入濃度於 7.5%時動物的疼痛閾值上升，**吸入濃度 30%以上的二氧化碳可因呼吸性酸血症引起深度麻醉效果，持續吸入高濃度可致死。**使用方式可分為預灌注高濃度二氧化碳至容器，再將動物沉浸其中的高濃度沉浸法，以及使用二氧化碳漸進置換容器內氣體的漸進充填法。由於不同物種、品種、品系動物對二氧化碳的反應差異很大，對某些動物而言，不論是漸進充填法或是高濃度沉浸法都非常緊迫。因此**二氧化碳安樂死僅可用在目前有方法可降低厭惡及緊迫之物種，且為有條件接受的安樂死方法。**

禽類如雞和火雞，在足以致死的 60%二氧化碳濃度下並未顯現厭惡及緊迫反應，因此可以使用高濃度沉浸法安樂死。**在齧齒類，高濃度二氧化碳可立即引發厭惡緊迫，並造成正腎上腺素、皮質性類固醇的分泌，因此不得使用高濃度沉浸法，須使用漸進充填法，以減輕緊迫狀況。**在兔子，高濃度充填法可造成明顯的緊迫反應，使用漸進充填法較無此問題，然而兔子作為穴居動物對二氧化碳耐受性較高，需時較久，過程中仍可能造成緊迫，建議鎮定後再使用二氧化碳安樂死。

出生一天的雛雞使用二氧化碳安樂死效果良好，於鳥類則造成不同程度的緊迫，通常可於五分鐘內達到死亡。對於蛋而言，由於在胚胎發育即開始呼吸，未孵化的蛋內有14%的二氧化碳，因此對於雛雞和其他初生仔獸，對於二氧化碳具高耐受性，應適度延長安樂死時間。懷孕母獸二氧化碳安樂死後不需再將子宮內胚胎取出個別安樂死。**齧齒類動物於其原飼養籠內吸入二氧化碳安樂死時較少緊迫或焦慮現象。**保育豬(約 30Kg)暴露 80%至 90%的恆定二氧化碳中至少 5 分鐘。二氧化碳適用 30Kg 以下，不適用肥育、成年豬。

優點：快速鎮靜、止痛、麻醉效果明確。高壓桶裝二氧化碳易於取得，容易使用，價格便宜，無易燃易爆性，無異味，在通風良好的場所配合適當的設備使用時，較其他藥劑安全，且沒有組織內殘留毒性物質的問題。

缺點：由於**二氧化碳較空氣重，如未能均勻分布而產生分層，或未能灌滿容器，動物可能爬至高處或將頭部抬高到二氧化碳層以上，導致無法有效安樂死。**年幼動物、水棲、善潛及穴居之動物，對二氧化碳的耐受性非常高，而兩棲類和爬蟲類動物的呼吸頻率較低，往往無法有效吸入足量的二氧化碳，導致長時間操作才能完成安樂死。以低於 80%的二氧化碳誘導動物失去知覺時，可能產生呼吸道的病灶，但是過高濃度的二氧化碳可能對部分動物造成緊迫。

建議：對於有方法可降低厭惡及緊迫的動物品種，可有條件使用二氧化碳進行安樂死。**高壓桶裝二氧化碳為唯一建議使用的設備，不推薦使用乾冰或其他化學方法製造的二氧化碳。**高壓桶應配備有減壓閥及流量控制器，或者有相關機械式或電子式控制流量裝置。**動物裝入容器內時，勿過度擁擠，且勿同時混入不同物種的動物。**使用時應計算容器容量及氣體流量。**在齧齒類動物，除非事先以其他方式完成致昏，否則不得使用高濃度沉浸法，只能使用漸進充填法，其建議的氣體置換率為每分鐘 30%-70%。****當動物停止呼吸後須再持續灌注氣體至少一分鐘。**年幼動物必須提高二氧化碳濃度並延長氣體暴露時間，以確保死亡。不建議將二氧化碳混合純氧使用，也不建議先以其他氣體迷昏動物後使用二氧化碳。在不引發厭惡緊迫反應的前提下，禽類可使用高濃度沉浸法安樂死。將動物從安樂死容器取出前務必確認動物的死亡，如不確定動物死亡，則應立刻使用其他輔助方法（如開胸）完成安樂死。

(3).氮氣及氫氣

運用氮氣或氫氣造成缺氧死亡可用於禽類(雞、火雞)及豬隻之有條件接受之安樂死方法。對其他哺乳類動物為不可接受之安樂死方法。如欲搭配氧氣使用，氧氣濃度需低於 2%。

優點：對禽類及豬隻不易造成厭惡或緊迫感。不易燃、不爆炸，有現成壓縮氣體，對操作人員傷害小，比空氣重較易沉浸於動物籠具中。

缺點：所造成缺氧狀態在齧齒類及貂類會引起厭惡反應，就算使用漸進充填法還是會讓這些動物在失去意識之前產生缺氧的行為反應。在齧齒類使用氫氣會造成肺泡出血而窒息死亡。在豬隻使用必須大於 7 分鐘才能讓動物死亡。氫氣比氮氣昂貴三倍。

2.非吸入性藥劑

多數為注射性藥物，此法能使動物迅速死亡，是非常可靠的動物安樂死方法，唯須注意的是操作中避免使動物遭受緊迫與恐懼，而人員亦須學習各種注射技術。注射性藥劑有多種投藥方法，其中**靜脈注射是最佳選擇**，藥物注射前人員須評估動物是否過度神經質或難以駕馭，必要時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，或放入動實驗動物安樂死方法指導原則

物保定設備中，並保障操作人員的安全。如動物已呈現垂死、休克、或深度麻醉中，難以順利進行靜脈注射時，可給予心臟注射。如無法建立靜脈注射，腹腔及腔體注射非刺激性藥物為可接受之替代方式。腹腔注射需使用較高劑量的藥物，而且可能使動物延長死亡時間及死前掙扎，因此腹腔注射後，將動物移入小箱子或籠子內，置於安靜無干擾的場所，以減輕興奮程度或創傷的可能性。

在動物清醒狀態下肌肉注射、皮下注射、胸腔注射、肺臟注射、鞘膜注射及其他非血管注射皆為不可接受之安樂死藥物注射方式。

經骨髓注射會因藥物的黏稠度及化學刺激性引起疼痛，如欲經由現有骨髓注射管路給予安樂死藥物，應先給予止痛劑並減緩注射速度，以減少動物的不舒服。

無論經骨髓注射、心臟注射、肝臟注射、脾臟注射、腎臟注射等都必須在動物麻醉狀態或失去意識下進行，但有些變溫動物在清醒下心臟注射為可接受之注射方式。實驗小鼠於麻醉狀態下後眼窩注射小於 200 微升麻醉藥(10 mg ketamine : 1mg xylazine) 或以 5 倍麻醉劑量腹腔注射為有條件接受之安樂死法。

(1).巴比妥鹽及其衍生物 (Barbiturates)

它是動物安樂死的首選藥物。靜脈給予可用於犬、貓、馬及其他中小型動物，它抑制中樞神經反應，使動物失去知覺進入麻醉狀態，過量的藥劑使動物停止呼吸，接著停止心跳。巴比妥鹽及其衍生物如經靜脈注射投藥，則皆可作為動物安樂死藥劑，但是其中 pentobarbital sodium 為最理想的動物安樂死藥劑，Beuthanasia-D (Burns-Biotec)、Sleepaway (Fort Dodge Laboratories) 商品化藥劑亦同。當動物體型太小導致靜脈注射不易時才考慮使用腹腔注射。只有在動物麻醉或失去意識狀態下才可經由心臟、脾臟、肝臟、腎臟等直接給予。

優點：效果迅速為最主要的優點，唯其效果依劑量、濃度、投藥方式而不同。此藥劑平穩地誘導並麻醉動物，也使動物的不適反應降到最低程度。

缺點：為達到最佳效果，須給予靜脈注射，操作人員須具備不同品種動物的靜脈投藥技術，且須每隻動物個別保定後投予。此藥亦可能造成人類濫用，因此需經管制藥品管理局申請核准後取得及使用。失去知覺的動物可能會出現喘氣反應，在中樞抑制出現前有可能出現短暫興奮現象，對於難以駕馭或過度神經質的動物，須先給予適當的藥物鎮定，但是經鎮定後的動物由於循環及心跳變慢，對於藥劑注射後的死亡時間比未鎮定動物來的慢，需特別注意。藥物會殘留在動物屍體內，也會引起動物之脾臟腫大。

建議：對於狗、貓、其他小型動物及馬，須靜脈注射投藥，當靜脈注射對動物造成緊迫或危險時採用腹腔注射，心臟注射僅適用於深度麻醉或失去意識的動物。各物種使用 pentobarbital 進行靜脈注射及腹腔注射之安樂死劑量，請參閱附錄 3-1。

(2).Chloral hydrate

緩慢壓制大腦，動物必須在保定下給藥，逐步壓迫呼吸中樞導致缺氧而使動物死亡，過程中可能會使動物喘息、肌肉痙攣、鳴叫。有致癌性，腹腔注射會造成動物胃潰瘍、腹膜炎而死亡。美國 FDA 不再批准作為安樂死藥物。

建議：不建議作為安樂死之藥物。

(3).Tricaine methane sulfonate (TMS, MS 222)

商品化產品，粉末狀，溶於水中用來麻醉或安樂死爬蟲類、兩棲類與魚類。它是 benzoic acid 衍生物，使用碳酸氫鈉緩衝液製作酸鹼值 7.0-7.5 溶液，原液 (stock solution) 須存於避光容器冷凍保存，如變質成深棕色須予以廢棄。進行魚類安樂死時，以濃度 250~500mg/L 浸泡，待魚鰓靜止不動後，再繼續浸泡 10-30 分鐘。此藥劑於鹹水或淡水條件下皆可使用，且非管制類藥物，但暴露此藥劑可對人員產生腎毒性，使用上必須注意。

(4).Benzocaine HCl

Benzocaine 為類似 TMS 的化合物，不溶於水，使用丙酮或乙醇製作原液 (stock solution)，因溶劑對組織有刺激性，不能用於麻醉和安樂死。而 Benzocaine HCl 溶於水，可直接使用於麻醉或安樂死兩棲類與魚類。用於魚類安樂死的濃度為 >250mg/L，須緩衝酸鹼值再使用。於兩棲類可使用 7.5% 或 20% 的凝膠劑型，塗抹在腹部，不須緩衝酸鹼值。此藥劑須避光保存於攝氏 40 度以下環境。為非管制藥物，安樂死劑量對人類毒性低。

(5).次氯酸鈉

又名漂白水，可利用次氯酸鈣製備溶液。受精後 7 日內之斑馬魚胚胎及仔魚，痛覺感受能力尚未發育完全，可使用 1-10% 次氯酸鈉溶液安樂死。更成熟的仔魚能夠感受疼痛和緊迫，不能使用此方法。次氯酸鈉和次氯酸鈣便宜且易於取得，使用濃度對人員危害性亦低，但仍需注意高濃度次氯酸鈉具腐蝕性，操作不慎可能傷害人員的皮膚、眼以及呼吸道。

3.物理性方法

包括頸椎脫臼、斷頭、放血、槍擊、電擊、聚焦微波照射等。有些人員抗拒並排斥物理性安樂死方法，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。如未受過訓練的人貿然實施物理性方法，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，如放血、擊昏、腦脊髓穿刺等，不建議作為動物安樂死的單一方法，配合其他方法共同使用較佳。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。

(1).頸椎脫臼法

常使用於齧齒類動物、禽類及仔兔。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。對於小型齧齒類動物，利用硬桿或拇指、食指壓住頭頸部，用另一隻手抓住尾巴或後肢，迅速用力向後拉扯後驅，使頸椎脫離頭顱；對於仔兔與禽類，一手抓頭，另一手抓後肢，將身體迅速拉長，使頸椎脫離頭顱；亦可利用頸椎脫臼專用之工具進行。

優點：能使動物快速失去意識，無化學藥劑污染體組織，迅速執行完畢。

缺點：可能造成執行者的不愉快感，如操作技術不佳，恐無法使動物迅速死亡，而導致動物的極大痛苦。

建議：使用於禽類、小鳥、小鼠、體重低於 200 公克的大鼠、體重低於 1 公斤的兔子，且由技術精湛的人員完成，執行前動物得先給予鎮定或麻醉，以減低動物的緊迫。如需對體重較重的動物、或者未經鎮定或麻醉直接採取本法進行安樂死時，則需由動物實驗管理小組評估，僅能在具備科學研究之必要性並確認無其他替代方案可使用時，再經委員會核准後執行。部分禽類在頸椎脫臼後不會立即喪失知覺，這些動物應事先致昏再施行頸椎脫臼，或改以斷頭等其他方式安樂死。

(2).斷頭

此方法用來執行**小型齧齒類動物或小型兔**的安樂死。此法可提供研究人員無化學藥劑污染的乾淨組織及體液，亦可提供完整的腦部組織供研究。斷頭後動物雖呈現約 13-14 秒的腦部活性，但是研究顯示此時無疼痛反應的傳遞，動物迅速失去意識。商品化的斷頭台 (guillotine) 可用於成鼠與小型兔的斷頭。仔鼠無商品化斷頭台，但可使用銳利刀刃執行。

優點：**能使動物快速失去意識**，無化學藥劑污染體組織，執行完成度高。

缺點：抓取及保定動物至斷頭台前可能導致動物緊迫，動物斷頭後存留的腦部活性尚無法確實定論，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。

建議：配合正確的操作技術，有條件的使用。**使用本方法進行動物安樂死時，須具備科學研究的必要性，並經機構的實驗動物照護及使用委員會或小組核准後執行。**需注意隨時保持斷頭台刀刃的銳利度，並在每次使用後徹底清洗殘留的血跡和氣味。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。**使用錐形塑膠保定袋 (decapicone) 保定動物後斷頭有助於降低動物的緊迫，並減少人員在操作中受傷的機會。執行本方法前操作人員須接受完整的技術訓練。**

(3).放血

已經失去意識或致昏後的動物，再配合放血方法，可確保動物的死亡。由於大量失血時動物呈現焦慮，因此放血**不得作為安樂死的單一方法**。如因研究所須採放血取得動物血液，則**必須先致昏或麻醉動物**後執行，並避免不完整放血，以免動物甦醒。

(4).電擊

電擊被用來進行犬、牛、山羊、綿羊、豬、雞、狐、貂及魚類的安樂死，使用 50-60Hz 交流電最為有效。致死的機制是引發心纖維顫抖，心跳停止使血液無法循環導致腦缺氧死亡。但多種動物在心纖維顫抖後 10-30 秒仍保有知覺，因此事先將動物麻醉或致昏非常重要。致昏的方法包括使電流通過腦部，足夠強的電流引起癲癇大發作，動物呈現角弓反張、眼球向下翻轉、肌肉強直和痙攣，最後癱軟。致昏後，動物會有喘氣和眼球震顫，但不應與規律呼吸及正常眨眼混淆，後者為動物恢復知覺的徵兆，如出現須重新致昏。

電極設置方式分為 3 種：電流僅通過頭部、電流一次通過頭及軀體、電流分兩階段通過頭及軀體。3 種都必須引起癲癇大發作，才算達到安樂死所需的致昏。電極位置不佳可造成致昏失敗。

電流僅通過頭部時，能造成動物失去 15-30 秒意識，但不會引起心纖維顫抖，因此須立即搭配輔助方法以完成安樂死。電極應對稱設置(左右眼耳之間或雙耳根部)，或對角設置(一側耳下及另一側眼上方)。

電流一次通過頭及軀體時，可同時使動物喪失知覺及停止心跳，但電流通過脊柱，常使癲癇不易觀察，因此設備需設定合適的安培數以確保動物成功致昏，一般建議豬及牛為 1.25 安培，綿羊為 1 安培。頭部電極應設置在前額或一側耳後，不得設在頸部，軀體電極則設在對側體側。

電流分兩階段通過頭及軀體時，先以電流通過頭部致昏，再以電流通過軀體引致心跳停止。軀體電極設在前肢後方體壁或胸部兩側。

優點：用於失去意識的動物時，為人道的安樂死方法，無化學藥劑污染體組織，且執

行起來不昂貴。

缺點：動物須良好保定，在難以保定的動物無法使用。體重 5 公斤以下的小型動物可能在電擊後恢復心跳，而脫水動物則電擊效果不佳。實施此法易造成人員的不適，且對人員造成傷害的風險高，因此必須使用專用設備，並訓練人員熟悉設置電極和操作設備的方法。

建議：電擊是有條件接受的安樂死方法。執行時須確保足夠電流通過腦部以達到癲癇痙攣和致昏效果，且致昏須發生在心纖維顫抖之前，或同時發生。必要時採取輔助方式確保動物死亡。電極設置不得為頭至尾、頭至足、頭至動物立足的潮濕金屬板等。不可使用電擊麻痺方式保定清醒動物，因為會造成極度不適。為了人道和安全考量，須使用專用設備，不可使用家用電線。

(5).腦脊髓穿刺

不建議作為動物安樂死的單一方法，但可作為確保死亡的輔助方式。在蛙類，穿刺針能輕易進入其腦脊髓腔，摧毀腦幹，所以腦脊髓穿刺常用於蛙類動物安樂死。

(二)、適用之安樂死方法

1.陸生動物-啮齒類、兔、狗、貓、猿猴

安樂死方法	小於 200 g 啮齒動物	200 g~ 1 kg 啮齒動物/兔	1 kg~ 5 kg 啮齒動物/兔	狗	貓	猿猴
一、化學性方法						
二氧化碳（氣體置換率每分鐘 30%-70%，動物停止呼吸後須再持續灌注氣體至少一分鐘）	○	○	×	×	×	×
鎮定後二氧化碳	○	○	○	×	×	×
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）	○	○	○	×	○	×
深度麻醉後採血(放血)致死	○	○	○	○	○	○
深度麻醉後靜脈注射 KCl (1-2 meq/kg)或神經肌肉阻斷劑	○	○	○	○	○	○
二、物理性方法						
深度麻醉後斷頭	○	○	×	×	×	×
深度麻醉後頸椎脫臼	○	○	×	×	×	×
動物清醒中直接斷頭	★	★	×	×	×	×
動物清醒中直接頸椎脫臼	★	×	×	×	×	×

說明：1. ○：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 審核通過並現場確認操作人員之技能）。

2.Barbiturate 巴比妥鹽類最常使用藥劑為 pentobarbital 注射劑，屬管制藥品，需事先洽行政院衛生福利部食品藥物管理署申請核可後購買使用。

2.陸生動物-中大型（牛、羊、馬、豬等）

基於動物福祉及人員操作安全之考量，建議優先使用化學性方法。

安樂死方法	適用動物及建議之操作方法	備註
一、化學性方法		
惰性氣體(氫氣、氮氣)	○(豬)	
Barbiturate 注射液，靜脈注射（100mg/kg）	○	豬靜脈注射劑量 30kg 以下 20mg/kg，30kg 以上 100mg/kg
Barbiturate 注射液，腹腔注射（100mg/kg）	△ (豬或極年幼或老弱動物可用)	濃度不可大於 60mg/ml，以免過度刺激。
深度麻醉後採血(放血)致死	○	
深度麻醉後靜脈注射 KCl(1-2 meq/kg) 或神經肌肉阻斷劑	○	
二、物理性方法		
電昏後放血致死	○（豬、羊） 1.以電擊器置於動物頭部左右 2 側，施以至少 220V 之電壓電擊至少 3 秒，以利有效致昏。 2.於致昏後 15 秒內切斷主要動脈放血致死。	1.可應用於犧牲或病理解剖生病之實驗用經濟動物。 2.須於動物致昏後配合放血致死，避免動物甦醒。 3.操作人員要進行動物致昏或死亡之徵兆觀察。家畜有效致昏之判定基準：無眼瞼反應、無節律性呼吸、對擰耳刺鼻無反應、無平衡反應、無發出聲音或四肢先僵直後產生之無意識踢動。
電昏後電擊致死	○（豬、羊） 1.以電擊器置於動物頭部左右兩側，施以至少 220V 電壓電擊至少 3 秒，以利有效致昏。 2.於致昏後 15 秒內，再將電擊器分置頭及胸 2 部位，施以至少 220V 之電壓電擊至少 3-15 秒致死。	1.家畜有效致昏之判定基準：無眼瞼反應、無節律性呼吸、對擰耳刺鼻無反應、無平衡反應、無發出聲音或四肢先僵直後產生無意識踢動。 2.心臟電擊之通電時間，商用操作至少 3 秒，實驗室操作建議至少 15 秒。電擊心臟之頻率建議為 50~60Hz(一般電源即符合)才能有效停止心臟跳動。 3.電擊致死後須確認動物已為死亡狀態。
一次電擊致死	○（豬、羊） 以電擊器分置動物頭部及胸 2 部位，施以至少 220V 之電壓電擊至少 3-15 秒致死。	1.施以頭-胸同時電擊，須確保電流同時通過腦部及心臟，以確保動物在無意識下有效致死。 2.頭-胸同時電擊之通電時間，商用操作至少 3 秒，實驗室操作建議至少 15 秒。 3.電擊心臟之頻率建議為 50~60Hz(一般電源即符合)才能有效停止心臟跳動。 4.電擊致死後須確認動物已為死亡狀態。
人道擊昏槍+放血或腦破壞致死	○（豬、羊、牛、馬） 1.依動物種類選擇適當擊昏槍及撞擊部位進行擊昏作業。	1.家畜有效擊昏之判定基準：無眼瞼反應、無節律性呼吸、對擰耳刺鼻無反應、無平衡反應、無發出聲音或四肢先僵直後產生無意識踢動。 2.人員須經過操作訓練後方可執行。

	2.擊昏動物後，應於 15 秒內切斷主要動脈，放血致死。 3.採用穿刺型擊昏槍撞擊致昏後，若不放血，可搭配腦組織穿刺破壞操作（pithing）致死。	3.擊昏槍可分為穿刺類及非穿刺 2 類。應注意撞擊力道與配合動物種類選擇撞擊部位。 4.擊昏得搭配保定設備以利瞄準，對於不易瞄準之動物，建議優先使用注射藥物法或電擊法。 5.不得以人力使用棍、棒等原始工具進行敲擊。 6.操作人員須確認動物為已死亡狀態。
--	---	---

說明： 1.○：建議使用的方法； △(豬或極年幼或老弱動物可用)。

2.Barbiturate 巴比妥鹽類最常使用藥劑為 pentobarbital 注射劑，屬管制藥品，需事先洽行政院衛生福利部食品藥物管理署申請核可後購買使用。

3.水生動物-魚類安樂死

(1)準備進行安樂死時前注意事項：

- 魚隻在進行安樂死之前應有 12~24 小時的禁食以減少魚便及含胺廢物的產生。
- 儘量在安靜、燈光溫和的環境中進行。
- 水質、水溫、水中溶氧量及魚隻數量要適中。
- 確定魚死亡後，魚屍體應收集並依生物廢棄物處理原則進行處置。
- 要進行大規模魚隻安樂死之前應先有執行少量安樂死的經驗。
- 依據以下幾點確定魚隻死亡：
 - ✓ 停止游動/活動。
 - ✓ 對任何刺激均無反應。
 - ✓ 無腮動及心跳。
 - ✓ 至少 10 分鐘無呼吸現象並且無眼珠轉動。

(2)常用的魚類安樂死方法：

安樂死方法	操作方法注意事項
一、非吸入性藥劑浸泡法	
Benzocaine 或 benzocaine hydrochloride	buffered solution >250mg/L 浸泡至少 10 分鐘。
飽和的 CO ₂ 溶液	需要於通風處進行。
Ethanol	10 to 30 mL of 95% ethanol/L (不可使用 70%之 ethanol)。
Eugenol, isoeugenol clover oil	濃度 $\geq$ 17mg/L，浸泡至少 10 分鐘，isoeugenol 為可能的致癌物使用時要小心。
Isoflurane, sevoflurane	微溶於水，濃度>5mg/L~20mg/L，需要於通風處進行。
Quinaldine sulfate	buffered solution，濃度 $\geq$ 100mg/L。
Tricaine methane sulfonate (MS-222, TMS)	buffered solution，濃度 250~500mg/L 浸泡至少 10 分鐘，待魚鰓靜止不動後，再繼續浸泡 10-30 分鐘。(用於耐低氧的魚類，如金魚時可於浸泡後再加斷頭以確定死亡)
2-phenoxyethanol	濃度 $\geq$ 0.3~0.4mg/L。
二、非吸入性藥劑注射法	
Barbiturate 注射液	靜脈注射 60~100 mg/kg (麻醉劑量的 3 倍劑量)。
三、物理性方法	

斷頭	
脊髓穿刺	
captive bolt (捕捉栓)	用於大型魚。
冰浴冷凍法 Rapid cooling (僅適用於小型魚 $\leq 3.8\text{cm}$)	由魚缸取出盡快將魚放置於攝氏 $2^{\circ}\sim 4^{\circ}\text{C}$ 冰水中(ice chilled water) 斑馬魚成魚浸泡至少 10 分鐘，4~7 天大斑馬魚仔魚需至少 20 分鐘。 應確實控制水溫，魚體絕不可碰觸冰塊，適用於斑馬魚及其他小型熱帶魚，不適用於中大型魚。

(3)絕對禁止使用的方法

直接沖下水道、直接放入冰箱慢慢冷凍致死

(4)斑馬魚、鯖江魚魚胚的安樂死：

通則：目前美國 NIH 及歐盟將斑馬魚、鯖江魚自孵化後(並開始接受餵食)才視為活體動物，故斑馬魚 5dpf (days post fertilization)、鯖江魚 3dpf 之前的胚胎並不納入規範，而之後的仔魚已有疼痛知覺就需要使用以上敘述之人道安樂死方法。 $\leq 5\text{dpf}$ 之斑馬魚胚及 $\leq 3\text{dpf}$ 之鯖江魚胚，常用安樂死方法如下，

安樂死方法	操作方法注意事項
一、非吸入性藥劑浸泡法	
漂白水(sodium hypochlorite)	浸泡 6.15%稀釋 6 倍後之漂白水
Paraformaldehyde	$\leq 4\%$
二、物理性方法	
斷頭	
急凍法	快速置於 -70°C 冷凍

4.其他-陸生動物(禽類、野生動物)、水生動物(兩棲類)、爬蟲類：

安樂死方法	操作方法注意事項	禽類	野生動物	兩棲類	爬蟲類
一、化學性					
麻醉性藥品	部分兩棲類會憋氣，須注意	○	○	○	○
二氧化碳	需要於通風處進行。	適合陸禽	○	○	○
Benzocaine 或 benzocaine hydrochloride	buffered solution >250mg/L 浸泡至少 10 分鐘。			○	
Tricaine methane sulfonate (MS-222, TMS)	buffered solution, 濃度 250~500mg/L 浸泡至少 10 分鐘。			○	
氮氣泡沫		○			
Barbiturate 靜脈注射	60~100 mg/kg (麻醉劑量的 3 倍劑量)。	○	○	○	○
Barbiturate 腹腔注射	60~100 mg/kg (麻醉劑量的 3 倍劑量)。	○	○	○	○
深度麻醉後靜脈注射 KCl (1-2 meq/kg) 或神經肌肉阻斷劑			○		
二、物理性方法					
斷頭				○	○
脊髓穿刺				○	
深度麻醉後頸椎脫臼		○			
動物清醒中直接頸椎脫臼	由 IACUC 審核通過並現場確認操作人員之技能	○			
腦部近距離射擊或使用撞擊槍破壞腦部	1.依動物種類選擇適當擊昏槍及撞擊部位進行擊昏作業。 2.擊昏動物後，應於 15 秒內切斷主要動脈，放血致死。 3.採用穿刺型擊昏槍撞擊致昏後，若不放血，可搭配腦組織穿刺破壞操作 (pithing) 致死。	○	○		○
電昏後放血	1.以電擊器置於動物頭部左右 2 側，施以至少 220V 之電壓電擊至少 3 秒，以利有	○			

	效致昏。 2.於致昏後 15 秒內切斷主要動脈放血致死。				
一次電擊致死	以電擊器分置動物頭部及胸2部位，施以至少 220V 之電壓電擊至少 3-15 秒致死。	○			

註:

1. 家禽(雞、鴨、鵝)胚蛋的使用：在孵化開始後，家禽胚蛋發育之脊椎出現時間約為 19-27 小時(雞 19-22 小時；鴨 26-29 小時；鵝 24-27 小時)，因此基本上判定為雞胚蛋即應計算動物使用量。
2. 家禽胚蛋的安樂死方式: 出生 14 日以前之家禽胚蛋可以低溫方式安樂死，如放置於-20℃冷凍櫃。出生 15 日以後之家禽胚蛋由於已可感受痛覺，所以應以更人道之方式安樂死，如 CO₂、過量麻醉藥或斷頭。由於雞胚對 CO₂ 有抗性，所以使用此法時，應將家禽胚蛋置於 90% CO₂ 中至少 20 分鐘以上，確認家禽胚蛋死亡。注意：不可使用乾冰做為 CO₂ 來源進行安樂死。

(三)、不可做為安樂死之主要方式的物質與方法

方 法	說 明
空氣注射 Air embolism	此法導致動物痙攣、角弓反張和哀叫
燒死 Burning	化學式或加熱燒死大多數動物皆不被接受
水合氯醛 Chloral hydrate	所有動物不得使用。此法將造成動物緩慢缺氧死亡，死亡過程痛苦，且可能出現如喘氣、呻吟、痙攣等現象。
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
乙醚 Diethyl ether	乙醚具有刺激性、易燃性與爆炸性物質。若用於動物安樂死時、動物屍體裝袋冷藏冷凍沒有儲存於防爆冰箱中或是屍體焚化時均有燃燒爆炸的危險。
溺斃 Drowning	溺斃不是安樂死的方法，亦不人道
放血(採血)致死 Exsanguination	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 Formaldehyde	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 Household products and solvents	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 Hypothermia	此法不適用於動物安樂死
硫酸鎂、氯化鉀和神經肌肉阻斷劑 Magnesium sulfate, potassium chloride, and neuromuscular blocking agents	不被接受用於清醒脊椎動物，非安樂死物質
神經肌肉阻斷劑(如尼古丁、硫酸鎂、氯化鉀、以及其他類南美箭毒製劑) Neuromuscular blocking agents (nicotine, magnesium sulfate, potassium chloride, and all curariform agents)	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 Rapid freezing	除了爬蟲類與兩棲類及五日齡以下的齧齒類；其他動物都應確認死亡或昏迷才能冷凍。(魚類快速降溫不視為快速冷凍)
窒息(悶死) Smothering	將小雞或幼禽裝在袋或容器中窒息不被接受
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
Tricaine methane sulfonate (TMS, MS 222)	食用動物勿用此藥劑
手動對頭部鈍擊造成創傷	一般不接受此種動物安樂死法，除了仔豬與小型實驗動物，儘可能使用其他方式取代。

manually applied blunt force trauma to the head	
非穿透型撞擊致昏器 Nonpenetrating captive bolt	不能接受的方式，除非是為了特殊目的地設計的氣動型非穿透式撞擊致昏器，特別用於離乳小豬、新生反芻獸或火雞。
胸椎壓迫 Thoracic compression	不接受使用於清醒動物

四、參考文獻：

1. Pritchard D.G. 廖震元、陳書儀。2015。家禽疾病控制人道致昏與撲殺技術之新發展。2015年家禽流行性感官預防與控制國際研討會。財團法人農業科技研究院、行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。
2. American Association of Swine Veterinarians (2008) On-Farm Euthanasia of Swine Recommendations for the Producer. National Pork Board. USA. 18 pages.
3. AVMA. (2013). AVMA Guidelines on Euthanasia. Schaumburg, IL: AVMA.
4. Grandin T (1997) Cardiac Arrest Stunning Of Livestock And Poultry.
<http://www.grandin.com/humane/cardiac.arrest.html>.
5. Grandin T (2015) Electric Stunning of Pigs and Sheep.
<http://www.grandin.com/humane/elec.stun.html>.
6. Humane Slaughter Association. Practical Slaughter of Poultry-Neck Dislocation.
<http://www.hsa.org.uk/neck-dislocation/neck-dislocation>
7. Meat & Livestock Australia (2016) Veterinary Handbook for Cattle, Sheep & Goats - 8.4.2.1 Pithing Following The Use Of A Captive Bolt.
<http://www.veterinaryhandbook.com.au/ContentSection.aspx?id=111>
8. OIE(2016)Terrestrial Animal Health Code-CHAPTER 7. 5.
http://web.oie.int/eng/normes/mcode/en_chapitre_1.7.5.htm.

附錄 3-1

Pentobarbital 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)	100	150
大鼠(Rat)	100	150
倉鼠(Hamster)	100	150
沙鼠(Gerbil)	100	150
天竺鼠(Guinea Pig)	100	150
貂類(Ferret)	120	120
兔(Rabbit)	100	
貓(Cat)	100	
狗(Dog)	100	
靈長類(Primate)	100	
豬(Swine)	100	
綿羊(Sheep)	100	
山羊(Goat)	100	
牛(Cow)	100	
馬(Horse)	100	
家禽(Avian)	150	150
魚類(Fish)	100	100

註：一般動物以麻醉劑量的 3-5 倍劑量為安樂死劑量，並依各別動物狀況做後續增加。