

第十六章 麻醉、止痛、外科手術及安樂死

一、麻醉及止痛

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 -- 動物保護法第十五條

在進行動物試驗時，應該盡一切可能避免或減輕因手術等相關操作在動物體所引發之疼痛或痛苦。

疼痛為一種感覺，由在身體末梢的痛覺受器接受外來對動物體的機械、溫度及化學刺激，或身體內在的化學或電刺激，而引發痛覺神經衝動。這些衝動經由化學或神經痛覺路徑刺激大腦皮質或中樞神經，繼而造成疼痛的感覺。所有的脊椎動物甚至某些非脊椎動物如烏賊都有感知疼痛的能力，並從而產生對應的退縮及規避反應。疼痛若未加以控制或解除，則會對動物產生相當程度的緊迫，造成諸如 ACTH, cortisol, ADH, catecholamine, glucose 血中濃度的上升，以及 insulin 與 testosterone 的下降，進而影響心血管、呼吸、代謝，甚至組織癒合等生理功能的表現。所以避免疼痛或採取正確的止痛措施，對於實驗動物來說，不論由道德或科學研究的角度，都是絕對必要的。

動物無法像人類一樣可以由語言來表達自己身體的不適，要減輕或解除動物痛楚的感受，必須先有能力辨識各類動物對痛苦所表現出的行為特徵。一般來說，動物出現突然的行為改變(攻擊或抑鬱)，不安，無法入睡，眼睛無神，瞳孔放大，被觸摸患處或移動時引發哭叫，過度舔咬抓搔患處，身體僵直，心跳、呼吸、血壓的過度上升等等，都可能是疼痛或不適的現象。但因為每種動物對痛覺的反應不盡相同，當我們試圖評估不同種類的動物時，依據之規範標準亦有所不同。所以對於動物管理或研究人員來說，熟悉實驗對象的行為、生理或生化特徵是很重要的。總括來說，除非有科學上已知相異的情形存在，否則我們應該假設如果相同的操作程序會對人類造成疼痛，則其亦會引發動物的疼痛。

麻醉包括全身麻醉及局部麻醉，對於動物來說，局部麻醉通常僅用於止痛而非手術。全身麻醉則用於控制動物的行動，同時也有止痛效果，以便進行手術等侵入性操作。全身麻醉可以借由注射途徑(靜脈、肌肉、腹腔等)達成，亦可使用氣體。注射用麻醉通常操作較為方便，但是較難控制其深淺及時間長短，對於心肺功能及肝腎等器官之影響，通常也比 halothane, isoflurane 等氣體麻醉劑來得大。氣體麻醉配合呼吸設備通常較有效率，對於小型或身體狀況不佳的動物也較為安全，但是設備較為昂貴，且需要配備廢氣排除裝置(scavenger system)，以減少對環境及術者的影響。一般動物麻醉還需要準備包括氣管插管、喉頭鏡、隔熱保溫墊、血氧、呼吸、血壓監視等設備。多數的麻醉藥品屬於管制藥材，需要遵守藥事法以及管制藥品管理條例等相關法規之規定，並備有相關之證照、文件，方能購買及使用。

神經肌肉阻斷劑可以與全身麻醉劑配合使用，以麻痺骨骼肌之活動力，但是因為其會影響許多麻醉或痛覺生理特徵之表現，麻醉之深度應小心維持，以免過量或不足。清醒的動物使用神經肌肉阻斷劑時，因其無法自行呼吸，或對外在的

刺激作出反應，即使採用輔助呼吸設備加以維持，仍會引發動物強烈之恐懼、苦惱與緊迫，所以除非是不引發痛覺之研究，並且經過審慎評估及許可，否則是極度不人道的作法。

常用的止痛藥物可分為 1) 類鴉片物質 (opioids)，如 oxymorphone，butorphanol, Buprenorphine, fentanyl 等，其副作用是各種程度之心肺功能的抑制，及過度的鎮定效果。這些藥物通常也受到較為嚴格的管制，購買及使用需要遵守相關條例之規定，並備有相關之證照與文件。2) NSAID 類止痛劑，如 ketoprofen，carprofen，etodolac 等，可以與 opioids 併用，也有研究顯示其單獨使用效果亦不遜於 opioids，但要注意肝腎及消化道之副作用。此外還有 alpha 2-agonists (如 xylazine hydrochloride)、局部麻醉劑等等。

通常傷害愈多組織的手術在術後愈容易引起疼痛或不適，例如單純的切開、縫合及導尿會引起輕度的疼痛，而骨折韌帶手術、胸腔手術、脊髓手術，及截肢則常引起最重度的疼痛。手術前或手術中使用止痛劑，較手術之後使用更能有效抑制或阻擋疼痛路徑，從而得到較有效的術後止痛效果。如果動物在手術前便已有疼痛的病灶或表現，應增加疼痛治療的劑量。有些種類的藥劑，如鎮靜劑、抗焦慮劑等，雖沒有止痛效果，但是配合止痛或麻醉劑給予時，可以使麻醉的恢復平順，並減少手術後動物的不安。

通常手術後的疼痛在前 24 小時內會達到高峰，所以手術後的動物應讓其在熟悉安靜的環境恢復，密切觀察並依狀況持續使用適當的止痛劑，以確定動物沒有過度的不適或者其他的變化。

選用適當的止痛或麻醉措施為專業的知識，除需注意到正確操作與人道的考量外，亦需注意其是否會影響研究的結果。一般來說，在給予止痛或麻醉之前，對於動物的品種、年齡，手術操作的性質，疼痛的程度，藥物之安全性，與藥物對特定器官功能之影響，均須加以了解。某些動物(例如兔及雞)在恐懼時，會出現不能行動的“假死”狀態，如果將之判斷為失去知覺而加以手術，則會造成極大的疼痛。傳統的誤解也可能帶來動物的痛苦，例如低溫的確會使魚與兩生爬蟲動物減低活動，但是並不表示牠們對疼痛的感知降低。所以在設計止痛或麻醉的措施時，對於不熟悉的動物或藥品，最好諮詢專業的實驗動物獸醫師，以及查閱最新的科學文獻(表 16-1 ~ 表 16-7)。

值得一提的是，在許多時候，實驗動物痛苦的來源，不一定因為生理的疼痛，而是來自環境或實驗操作所導至之恐懼或緊迫。例如同樣在保定動物時，對人類接受度低的動物(如兔子)比對人類接受度高的動物(如狗)容易因為不信賴而產生恐懼。而同樣在相同大小比例的籠舍中，智能較高的動物(如猴子)將比智能較低的動物(如貓)更能感受禁閉的壓力。此外，野生的動物(如野鼠)又較長久被馴化的動物(如小白鼠)不能適應拘禁的環境。所以在處理不同的動物時，需對其有相當的了解，並針對其特性來設計環境及對待的方式，方能將動物的身心痛苦降低到最少的程度。

如果任何已知的止痛或麻醉措施都會影響研究結果，便需對實驗的設計及必要性再作審慎的評估，當動物福祉與實驗結果的正確性互相衝突時，最後的決定取決於實驗者的良心，以及相關實驗動物審核單位的裁決。

二、外科手術

使用動物進行科學應用，應儘量減少數目，並以使動物產生最少痛苦及傷害之方式為之。實驗動物經科學應用後，除有科學應用上之需要，應待其完全恢復生理功能後，始得再進行科學應用 -- 動物保護法 第十五條

手術的成功與否，取決於下列因素：手術前之規劃，人員訓練，無菌觀念，手術操作技術，動物狀況之監控等。手術操作若採團隊方式進行，往往因有各方專家之參與，而使其成功率提高，至於對於單一操作程序，仍應以固定人選為之，以達成手術操作之一致性。

為保持手術的品質，對手術結果應作持續的觀察及評估，以確信各步驟均依規定方式操作，而對不合宜之程序能適時的提出改善措施。在野外實施手術時，儘管程序較為簡化，但仍不應對動物個體造成危害。而對於修正程序良好與否的評估，不能以臨床上併發症比率或死亡率做為唯一判定之標準。

(一)手術前之規劃

手術計畫應由所有工作人員參與訂定，包含外科醫師，獸醫師，麻醉人員，手術助理，動物管理人員及研究人員。計畫中應列出個人職掌，所需之器械耗材清單，手術步驟及其性質，手術場所，手術前之健康評估及術後之照料程序等等。某些狀況中，為減少併發症，宜考慮使用抗生素，但絕不可以因為使用抗生素而忽略了無菌操作程序。

(二)人員訓練

人員之訓練關係到某些技術操作之精確度，如無菌操作觀念，外科手術動作之細膩精確與否，器械之正確使用，有效之止血技術及縫合材料之選用等。不同學歷背景之人員應給予適切之訓練，即使是專精人體之外科醫師，亦應加強動物與人體在解剖生理上差異之了解，麻醉止痛藥劑之不同效用劑量，與動物手術恢復之需求等。

(三)無菌觀念

實施無菌操作之目的在於降低動物在操作中被微生物感染之機率，有些潛在性之感染會造成不良之生理或行為反應，繼而會影響到手術之成功及實驗之結果。雖然通常大鼠對於手術感染之感受性較低，但仍建議採行環境許可下最好的無菌程序。

無菌技術，包含剃毛及手術部位之消毒等病患之準備，外科醫師之刷洗及無菌之手術衣物，滅菌手套，口罩，手術器械之消毒，耗材及埋植物品之滅菌處理，以及運用適當的外科手術技術等許多方面。單單使用無菌器械，或使用消毒劑，無法達成無菌操作的目的。

滅菌方式之選定，需依物品之材質而定。一般常用之方式為蒸氣高壓滅菌、電漿(plasma)及氣體(瓦斯)滅菌。以上均應配合使用指示以確保達到完整的效果。於鼠類的手術，使用液體殺菌藥水處理時，要注意充足的浸泡時間，浸泡過之物

品在使用前則務必要使用滅菌水或生理食鹽水徹底沖洗乾淨。乾熱或珠子滅菌有效且方便，但須注意使用前應充份降溫以免造成動物組織的燙傷。

一般而言，無菌外科手術應在與其它活動分開之指定專用場所實施，因為污染多來自空氣與其他污染物質，外科手術區域應減少非相關人員之進出，且要經常性地維持該區之清潔。

(四)手術操作技術

外科手術程序可區分為主要手術及小手術兩種。而依實驗之目的，又可再細分為存活性及非存活性兩類。主要存活性手術之定義為侵入或暴露體腔之手術，或對動物之物理或生理機能造成永久性之損傷者。例如剖腹手術、胸腔手術、頭顱手術、關節更換及肢體切除等手術。小型存活性之外科手術則指不侵入體腔或對身體機能不會造成永久性之損害者；例如傷口之縫合，體表血管插管，在野外進行之例行性操作如去勢，去角之處理程序等，以及一些在獸醫臨床上可以用門診方式來處理的經常性操作。至於腹腔鏡手術與一些神經科學手術(如神經切除術及顱切開術等)，可視其對動物實際影響的程度，依個案由獸醫師及 IACUC 決定應歸類為主要手術或小型手術。與主要性之手術相比較，小型手術通常可在較不嚴謹之條件中進行，但對步驟及器械的無菌要求和適當的麻醉處理還是非常重要的。

非存活性之外科手術，指手術後動物不讓其從麻醉中恢復而直接以安樂死處理。對此類操作，本章所提之各項手術程序或許並非必要，但充份的麻醉止痛，與一些基本之操作如剃毛、手套的使用、器械及手術區域之清潔等還是需要的。尤其在較長時間的非存活性手術，無菌操作對於維持動物的穩定與成功的實驗結果更為重要。

針對緊急或突發狀況所作之搶救措施，其條件往往無法與正常例行的手術相比較。在這種情況下，應依獸醫師之專業知識來作判斷處理，且須預期有較高之併發症發生機率，對於手術後之照料工作務必要加強。

(五)動物狀況之監控

嚴謹之手術監控及危機狀況之掌握，對手術成功率提升大有助益。監控項目包含麻醉程度之深淺、生理機能之觀察、臨床症狀之評估等。

手術前之計劃書中應詳列手術後之監控項目為何，動物之照料需求及記錄之格式等，其中亦應指明將由何人來擔任這些工作，研究人員及獸醫師則應共同擔負起監督的責任，以確信動物於手術後受到適切之照料。

對於麻醉中的動物，體溫之維持可避免因麻醉劑所引發之心血管或呼吸系統障礙之發生，因而其監控格外重要。動物由麻醉狀態中復甦時，應保持在乾爽之環境中，並給予適當之關照，留意動物體溫變化情形，心臟血管及呼吸系統之功能，及手術後引發之疼痛或不適等狀況。其他如是否要藉由注射來維持體內水份及電解質之平衡，止痛劑及其他藥物之供應，還有傷口之照料，醫療記錄之持續等，也非常重要。

手術後已甦醒之動物，可減低其觀察的頻率。然而對於其他之身體狀況依舊要加以留意，如攝食及排泄之基本生理功能，疼痛引發之行為徵兆，手術感染之跡象，傷口之檢視，包紮之狀態，及適時地將縫線、釘針去除等。在傷口復原

之前，並因留意動物是否會以自殘行為傷害傷口，並採取適當的防護措施。

三、安樂死

科學應用後，應立即檢視實驗動物之狀況，如其已失去部分肢體器官或仍持續承受痛苦，而足以影響其生活品質者，應立即以產生最少痛苦之方式宰殺之 -- 動物保護法第十七條

在任何狀況下需要處死一隻動物都是不得已的選擇。大多數的人都同意，死亡，絕對是和動物福祉相砥觸的，這是因為我們體認死亡會剝奪上天所賦與個體最寶貴的禮物--生命，以及生命所帶來的一切。死是一種終結，一種不可回復的傷害，死亡絕非任何動物所願意面臨，但是在動物試驗的立場，為取得實驗成果、作例行淘汰、實驗完結、動物失去重要肢體器官，或動物持續承受無法控制之痛苦，足以影響其生存品質時，卻常常需要殺死實驗動物。為了維持動物起碼的福祉，依據動物保護法，應以安樂死的方式使動物死亡。

使動物在無疼痛下死亡的手段稱為安樂死，但嚴格來說，安樂死除了不造成動物疼痛之外，亦應該快速而且不使動物在過程當中感到恐懼。動物不像人類一樣，會由遭遇、直覺預見自己的死亡，並從而感到驚嚇或恐懼，但是較高等的動物對於術者粗糙的態度或是不良環境之“暗示”，仍能預期即將發生的死亡。所以如要使動物在死亡時得到安樂感受，應避免動物在死前有痛苦及恐懼感。

動物在面對有害的刺激時，會產生一些特定的行為或生理反應，例如悲鳴，掙扎，逃跑，攻擊，流口水，排尿排糞，噴出肛門腺，釋放費洛蒙(pheromones)，瞳孔放大，心跳加速，流汗，及肌肉僵硬或痙攣。由動物的這些表現，聲音或排放的味道，更會造成其他動物的不安，所以除了安樂死的品質非常重要之外，也不應該讓動物看到其他，特別是同種動物的死亡過程，安樂死的操作區域亦應常保清潔、安靜。

安樂死的要訣乃在如何使動物在無緊迫狀態下迅速失去知覺，而且以能使動物歷經最少的身體掙扎及表情、聲音變化者，最令旁觀者接受。一般來說，除非有最新科學或醫學上論點的支持，否則動物安樂死採行之方式均建議採行合乎 2007 或更新版之 AVMA Guidelines on Euthanasia 之方式。

在評估安樂死的方式時，需考慮該方式無痛致死的能力、使動物失去知覺及死亡所需時間的長短、可靠性、對操作人員之安全性、是否能夠減少動物的心理緊迫、對術者及旁觀人員的情緒影響、經濟性、藥品取得的難易度及被濫用的可能性、需要保定的程度，以及動物之死狀是否平和等等。實驗中所有安樂死的方式均應由實驗動物照護及使用委員會或小組加以審視及批准，如有爭議，應由實驗動物倫理委員會加以裁決。

(一)目前較常用於實驗動物安樂死之方式：

1. 吸入性安死術藥劑

(1)二氧化碳(CO₂)：吸入 60%之二氧化碳後動物會在 45 秒內失去知覺，大多用在小動物之安死。通常需與氧氣混合以免動物在喪失意識前因缺氧而不適。如

用在新生動物濃度需要增高。

優點：迅速鎮定並致死，可以鋼瓶或固態"乾冰"的方式購買，便宜，不燃，無爆炸性，對人員影響小。

缺點：對於鼠來說，濃度過高(超過 70%)，或未混合適當比例的氧氣，仍會造成動物的痛苦。而濃度過低(小於 50%)，則會延長死亡的時間，並出現肺臟之出血及病理變化。另外，因 CO₂ 比空氣重，故氣體在密閉室中必須充至相當的濃度。

(2) Halothane, isoflurane 等麻醉氣體。可用於許多種動物，動物需置於密封的容器中，因大多具有局部刺激性，動物只能接觸其蒸器，且在過程中仍需繼續供給空氣或氧。

優點：適用於鳥類，鼠類，貓及小狗等難以作靜脈注射的小動物。

缺點：因刺激性及導入初期的興奮，會有掙扎的情形。麻醉氣體也可能對人畜造成傷害，而且相當昂貴。

(3) 氮氣(N₂)：將動物置於容器中，並迅速充滿氮氣，使動物因缺氧而致死，須確定氧的濃度在 1.5% 以下。雖然動物在失去知覺前均有換氣過度的現象，但一般認為是沒有痛苦的。新生的動物因對缺氧較有抗力而可存活較久的時間。

優點：氣體本身便宜，迅速，可靠，且對人的傷害小。

缺點：年紀很小的動物(四月齡以下)因需花較多時間，故不適用。動物失去知覺後可能有令人不安的掙扎動作。在瀕死前即使只給相當少量的氧也會造成迅速的復甦。因需在短時間內達到高濃度，故機器的構造功能相當重要。

(4) 一氧化碳(CO)：與血紅素結合成為 carboxy-hemoglobin，使紅血球失去帶氧能力，動物因缺氧而死亡。因為 CO 會刺激腦運動中樞，失去意識時會伴有抽搐及肌肉痙攣，這些令人不悅的動作可用鎮靜劑來減低。因其毒性高且無色無味，良好的排氣設施是必要的。在貓狗來說，6% 的濃度效果最快，但濃度須在 20 分鐘內達到，且室溫須在 41.3 度以下。

優點：快速且無痛，動物完全無法察覺。

缺點：須小心人員暴露。

2. 非吸入性安死術藥劑

種類極多，可經靜脈注射，腹腔注射，肌肉注射，心內注射，皮下注射或口服來投與過量的麻醉藥物，達到致死的目的。其中以靜脈注射最為迅速可靠，經肛門及腹腔注射投藥因為其效果緩慢，致死量不穩定，且有刺激組織而造成疼痛之隱憂，一般不推薦使用，但在體型極小的動物，可採用腹腔注射。不當的心臟內注射會導致動物極度痛苦，所以不予推薦，但在昏迷或麻醉下的狀況可以使用。另外胸腔及肺臟之注射並不可靠，並會引起痛苦，應該避免。

最被接受的注射型安樂死藥物是 barbituric acid 之衍生物，其中以 pentobarbital sodium 最為常用，這類藥物可直接抑制中樞神經系統，動物先進入昏迷，發生數次喘息後停止呼吸，繼而迅速心跳停止。為中型動物安死術藥物的第一選擇。該藥物最好使用靜脈注射，如為小型，老弱或極年幼動物，可行腹

腔注射，但需注意不可以使用高濃度(大於 60 mg/ml)的劑型，以免引起刺激。該藥不適於皮下或肌肉注射。

安死液 (euthanasia solution, euthanasia) 含有高濃度 pentobarbital 及 phenytoin，因為濃度過高，為避免組織刺激之不適，必須採靜脈注射。其作用迅速，效果與注射劑量，濃度及速度有關。其引發的死亡相當平順，動物很少感覺不適，而且費用與其它藥劑比起來也相當便宜。

如動物極度兇暴或興奮，最好先使用鎮靜劑等藥物如 acepromazine 或 ketamine 使其安靜下來，以免傷及術者或造成動物之嚴重緊迫，鎮靜劑並能改善死前的喘息。對於犬來說，大多數口服鎮靜劑效果不良，目前被證明有效的口服投藥為合用 tiletamine-zolazepam 及 acepromazine，或使用 pentobarbital sodium 之口服劑型，可與食物一起餵食，大約在 60 分鐘後會使動物昏迷，如果劑量足夠，也可致死。

3. 物理之安死術

物理方式雖然死狀通常不佳，但如果操作得當，可以在沒有痛楚的情況下，達成立即的知覺喪失。

(1)擊昏法(stunning)：大型動物使用，適當的局部撞擊或電殛頭部可使動物喪失知覺，隨之可以放血(exsanguination)等方式使動物死亡。但如施行不當，會造成疼痛及僅僅部份知覺喪失，是極不人道的。

(2)頸椎脫臼法與斬首，僅適用於小型齧齒類動物，而且最好在其他方法均不適用或不可取得時使用。斬首因為在視覺上的接受度低，目前已較少被施行。

(3)槍擊(gunshot)：大型動物使用。在某些狀況下，槍擊是唯一可行的方式，需要高度的技巧及訓練，可用來福槍或手槍，子彈打入腦部，造成立即的失去知覺。

優點：迅速，在野外或對狂犬病有急需的地方有時是唯一的方法。

缺點：對人員有潛在危險，施行及死狀令人不悅，有時不一定能命中腦部。槍隻在我國受到管制，一般人無法取得。

(二)不妥當之“安樂死”方式

1.減壓(decompression)：在減壓過程中動物會先感到興奮，愉快，繼而感覺遲頓，窒息並喪失知覺。幼年動物需要較久時間。無意識動物並可能有鼓脹，流血，嘔吐，痙攣，排糞尿等現象，令人不快。如果減壓過快，因體內氣體大量被釋出，易造成動物痛苦。

2.電擊(electrocution)：電流須直接通過腦部才能使動物的知覺喪失，否則會造成痛苦、全身痙攣、灼傷，最後才使心臟停頓致死。對術者也有危險，較費時，且死狀不佳。

3. 氰酸氫(hydrogen cyanide)等氰化物：作用極為快速，但會在死前造成興奮及、悲鳴，及劇烈抽筋，死狀甚慘，氣體刺激性強且對人畜毒性劇烈。該化學物為劇毒，受到管制。

4. 番木鱈素(strychnine)：增加中樞神經的興奮性，動物神智仍清醒，引起極度嚴重痛苦的抽搐，最後因呼吸抑制而死亡，相當殘忍。

5. 硫酸鎂(magnesium sulphate)及氯化鉀(potassium chloride)：分別為抑制呼吸及心臟，不可單獨使用，須於動物深度麻醉後才配合使用。

6. 注射空氣(air embolism)：於血管注入空氣會造成動物抽搐、角弓反張，並發出痛苦的聲音，除非動物已深度麻醉，絕不可單獨使用。

7. 類南美箭毒(curariform drugs) 等神經肌肉阻斷劑：包括 curare, succinylcholine, pancuronium, guaifenesin，藉由癱瘓呼吸肌而致死，在人類的經驗為在完全清醒的狀況下，伴隨肌肉無法活動，會造成極度不安及窒息。在狗呼吸停止後仍可維持腦波活動達七分鐘之久，並伴隨流口水，排糞尿及抽搐。因非常痛苦並造成極度恐懼，絕不可用於安樂死。該類藥物受到管制。

8. 放血：僅能用於無意識之動物，確保其因為低血量而死亡。絕不可用於清醒的動物。

9. 乙醚(ether)：早期非常廣範的用於小動物之麻醉，但是乙醚蒸氣具黏膜的刺激性，且為易燃物，有爆炸性，為了公共安全，最好不要使用。

許多動物對各種安樂死的方式有不同的反應與效果，例如某些爬蟲類可以閉氣極長的時間，使得氣體的安死術相當困難。有時因為操作失當(如注射部位不正確)，即使使用最理想的安樂死藥物，也一樣會使動物受到極大痛苦，所以除了選用適當的藥劑及方法外，動物之安樂死應由受過完整訓練、技術熟練的人員，以專業手法及仁慈的心態來負責執行，以期讓動物承受最少的痛苦和緊迫。

對於部份的管理人員、獸醫師及研究人員而言，對動物施行安樂死，可能會造成心理上之困擾，尤其當某些人必須經常性的執行此項工作時，主管人員應事前考量此潛在的問題，而對工作性質加以適當的輪調或調整。

動物死亡後應確實判定生命跡象已完全消失，較難判定之爬蟲類或兩生類動物，可尋求專業人員協助，再以適當的方式處理屍體，動物的屍體不宜以一般垃圾的方式處理。

參考文獻

1. 葉力森(1995) 動物與法律 中華民國保護動物協會出版 台北(民國八十四年)。
2. AVMA Panel on Euthanasia. (2007). J. Am. Vet. Med. Assoc. 218, 669-696.
3. Baumans, V, Meijer, JC, Haberham, ZL, de Groot HN, Hellebrekers, LJ (1998)..

- Euthanasia of piglets: gas or injection? Tijdschr. Diergeneeskd. 15, 738-742.
4. Coenen, AM, Drinkenburg, WH, Hoenderken, R, van Luijtelaar, EL (1995). Carbon dioxide euthanasia in rats: oxygen supplementation minimizes signs of agitation and asphyxia. *Lab. Anim.* 29, 262-268.
 5. Cruz, JI (1996). Anesthesia in experimental animals. Basic principles. *Rev. Esp. Anesthesiol. Reanim.* 43, 99-107.
 6. Danneman, PJ, Stein, S, Walshaw, SO (1997). Humane and practical implications of using carbon dioxide mixed with oxygen for anesthesia or euthanasia of rats. *Lab. Anim. Sci.* 47, 376-385.
 7. Gaynor, JS (1999). Is postoperative pain management important in dogs and cats? *Vet. Med.* Mar, 254-257.
 8. Guide for the care and use of laboratory animals. (1996). Institute of laboratory animal resources, Commission on life sciences, National Research Council.
 9. Handouts for Veterinarians (1990), University of Alabama at Birmingham, U.S.A.
 10. Hellyer, PW (1999). Minimizing postoperative discomfort in dogs and cats. *Vet. Med.* Mar, 259-265.
 11. Hunter SC, Glen JB, Butcher CJ (1984). A modified anesthetic vapour extraction system. *Lab. Anim.* 18, 42-44.
 12. Kopaladze, RA (1999). I.P. Pavlov on vivisection and the modern ethical requirements for animal experiments. *Zh. Vyssh. Nerv. Deiat. Im. I. P. Pavlova.* 49, 589-599.
 13. Machin, KL (1999). Amphibian pain and analgesia. *J. Zoo. Wildl. Med.* 30, 2-10.
 14. Marsch SC, Studer W (1999). Guidelines to the use of laboratory animals: what about neuromuscular blocking agents? *Cardiovasc. Res.* 42, 565-566.
 15. Morrow, WE (1999). Euthanasia hazards. *Occup. Med.* 14, 235-246.
 16. Ramsay, EC, Wetzel, RW (1998). Comparison of five regimens for oral administration of medication to induce sedation in dogs prior to euthanasia. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 15, 240-242.
 17. Tabata H, Kitamura T, Nagamatsu N (1998). Comparison of effects of restraint, cage transportation, anaesthesia and repeated bleeding on plasma glucose levels between mice and rats. *Lab. Anim.* 32, 143-148.
 18. Wright KC (1997). Working with laboratory animals: general principles and practical considerations. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 8, 363-373.

表 16-1 小鼠(mouse)鎮靜、麻醉及止痛藥物劑量表

藥物	劑量	途徑
麻醉前給藥		
Atropine	0.002-0.005 mg/100 g BW 0.12 mg/100 g BW	IM, IV, SC* IP
鎮靜劑		
Acepromazine	0.075 mg/100 g BW	IM
Diazepam	0.5 mg/100 g BW	IP
Ketamine	2.0 mg/100 g BW	IM
注射麻醉劑		
Ketamine	2.2-4.4 mg/100 g BW 10 mg/100 g BW	IM IP
Pentobarbital	2.5 mg/100 g BW 1.5 mg/100 g BW	IV IV
Thiopental	6.0 mg/100 g BW 2.5 mg/100 g BW	IP IV
Thiamylal	5.0 mg/100 g BW 2.5-5.0 mg/100 g BW	IP IV
混合注射麻醉劑		
Ketamine & Xylazine	8.7 & 1.3 mg/100 g BW	IM
Fentanyl & Droperidol & Diazepam	0.2-0.5 ml/100g BW (10% solution) 0.5 mg/100g BW	IM IP
Ketamine & Acepromazine	2.2-4.4 & 0.075 mg/100 g BW	IM
吸入麻醉劑		
Methoxyflurane	Induction: 2-4% Maintenance: 0.5-1.5%	
Halothane	Induction: 1-3% Maintenance: 0.5-1.5%	
CO2	Induction: 10-15 seconds	
止痛劑		
Meperidine	2.0 mg/100 g BW 0.4 mg/100 g BW	IM, SC IP
Pentacozine	1.0 mg/100 g BW	IM, SC, IV
Nalbuphine	0.5 mg/100 g BW	IM, SC
Butorphanol	0.1-0.5 mg/100 g BW	IM, SC
Buprenorphine	0.2 mg/100 g BW /12h 0.2 mg/100 g BW /6-8h	SC IP
不推薦使用的藥物		
Chloroform Carbon tetrachloride Chlorpromazine Ether Trichloroethylene Tribromoethanol		

* : IM:肌肉注射 IV:靜脈注射 SC:皮下注射 IP:腹腔注射

表 16-2 大鼠(rat)鎮靜、麻醉及止痛藥物劑量表

藥物	劑量	途徑
麻醉前給藥		
Atropine	0.002-0.005 mg/100 g BW	IM, IV, SC
鎮靜劑		
Acepromazine	0.5 mg/100 g BW	IM, SC
Diazepam	0.25 mg/100 g BW	IP
Xylazine	1.3 mg/100 g BW	IM
Ketamine	2.2 mg/100 g BW	IM
	2.0 mg/100 g BW	IP
注射麻醉劑		
Fentanyl & Droperidol	0.2-0.4 ml/kg (10% solution)	IP
Ketamine	4.4 mg/100 g BW	IM
	4-16 mg/100 g BW	IP
	5 mg/100 g BW	IV
Pentobarbital	3-4 mg/100 g BW	IV
	3-5 mg/100 g BW	IP
混合注射麻醉劑		
Ketamine & Xylazine	8.7 & 1.3 mg/100 g BW	IM
Ketamine & Acepromazine	2-4 & 0.075 mg/100 g BW	IM
Ketamine & Pentobarbital	4.4 & 2.5 mg/100 g BW	(K)IM,(P)IP
	6.0 & 2.1 mg/100 g BW	(K)IM,(P)IV
Innovar-Vet & Pentobarbital	(I)0.13-0.3ml/kg(10%solution)& (P)1-2 mg/100 g BW	(I)IM, (P)IP
Inactin	100 mg/kg	IP
Acepromazine& Pentobarbital	0.5 & 2.5-3 mg/100 g BW	(A)IM, SC, (P)IP
吸入麻醉劑		
Methoxyflurane	Induction: 2-4% Maintenance: 0.5-1.5%	
Halothane	Induction: 1-3% Maintenance: 0.5-1.5%	
Enflurane	Induction: 3-4% Maintenance: 1-3%	
Ether	棉花上沾 1-2ml 放到 chamber 中作用	
止痛劑		
Meperidine	0.3-0.5 mg/100 g BW	IM, IV, IP
Pentacozine	0.2 mg/100 g BW	IM, IV, SC
Butorphanol	0.05-2 ml/kg	IM, SC
Nalbuphine	0.1-0.2 mg/100 g BW	IM, SC
Buprenorphine	0.01-0.05 mg/100g every 12 hr	SC
不推薦使用的藥物		
Chlorpromazine		
Chloral hydrate		
Chloroform		
Tribromoethanol		

表 16-3 沙鼠(Gerbil)鎮靜、麻醉及止痛藥物劑量表

藥 物	劑 量	途 徑
麻醉前給藥		
Atropine	0.002-0.005 mg/100 g BW	IM, IV, SC
鎮靜劑		
Diazepam	0.5-1.0 mg/100 g BW	IP
Ketamine	2.2 mg/100 g BW	IM
注射麻醉劑		
Ketamine	4.4 mg/100 g BW	IM
Pentobarbital	6.0 mg/100 g BW	IP, SC
	3.0 mg/100 g BW	IV
Thiopental	2.0 mg/100 g BW	IV
	4.0 mg/100 g BW	IP
吸入麻醉劑		
Methoxyflurane	Induction: 2-4%	
	Maintenance: 0.5-1.5%	
Halothane	Induction: 1-3%	
	Maintenance: 0.5-1.5%	
止痛劑		
**Nalbuphine	0.1-0.2 mg/100 g BW	IM, SC
**Butorphanol	2.5-5.0 mg/100 g BW	IM, SC
**=術後1-3天每6-8hr給一次		
不推薦使用的藥物		
Ether		
Chloroform		
Acepromazine		

表 16-4 雪貂(Ferret)鎮靜、麻醉及止痛藥物劑量表

藥 物	劑 量	途 徑
麻醉前給藥		
Atropine	0.05 mg/ kg BW	IM, IV, SC
鎮靜劑		
Acepromazine	0.2-0.5 mg/kg BW	IM, SC
Diazepam	2 mg/kg BW	IM
Xylazine	1 mg/kg BW	IM, SC
Ketamine	10 mg/kg BW	IM
注射麻醉劑		
Ketamine	25-40 mg/kg BW	IM
Thiopental	60 mg/kg BW	IP
混合注射麻醉劑		
Ketamine & Xylazine	20-30 & 1-4 mg/kg BW	IM
Ketamine & Acepromazine	20-35 & 0.2-0.3 mg/kg BW	IM
Ketamine & Diazepam	25 & 2 mg/kg BW	IM
吸入麻醉劑		
Methoxyflurane	Induction: 1-3% Maintenance: 0.3-1.0%	
Halothane	Induction: 3-4% Maintenance: 0.5-1.5%	
Enflurane	Induction: 3-4% Maintenance: 1-3%	
止痛劑		
**Nalbuphine	1-2 mg/kg BW	IM, IV, SC
**Butorphanol	0.3-0.8 mg/kg BW	IM, IV, SC
**=術後1-3天每6-8hr給一次		
不推薦使用的藥物		
Pentobarbital		

表 16-5 兔(Rabbit)鎮靜、麻醉及止痛藥物劑量表

藥 物	劑 量	途 徑
麻醉前給藥		
Atropine	0.2-0.3 mg/kg BW	IM, IV, SC
鎮靜劑		
Acepromazine	0.5-2.0 mg/kg BW	IM
Diazepam	1 mg/kg BW	IV
Xylazine	5-10 mg/kg BW	IM
	3 mg/kg BW	IV
Ketamine	4-6 mg/kg BW	IM
	22 mg/kg BW	IM
注射麻醉劑		
Fentanyl & Droperidol	0.15-0.25 ml/kg BW	IM
Ketamine	44 mg/kg BW	IM
	15-20 mg/kg BW	IV
Thiopental	20-50 mg/kg BW	IV
Thiamylal	25-30 mg/kg BW	IV
Alpha-chloralose(1% solution)	80-100 mg/kg BW	IV
混合注射麻醉劑		
Ketamine & Xylazine(不要 使用在新英格蘭黑兔)	35-44 & 5-10 mg/kg BW	IM
Ketamine & Acepromazine	30 & 0.75 mg/kg BW	IM
Ketamine & Diazepam	25 & 5 mg/kg BW	IM
Ketamine & Pentobarbital	30 & 30 mg/kg BW	IM
吸入麻醉劑		
Methoxyflurane	Induction: 1-3%	
	Maintenance: 0.3-1.0%	
Halothane	Induction: 3-4%	
	Maintenance: 0.5-1.0%	
Enflurane	Induction: 3-4%	
	Maintenance: 1-3%	
止痛劑		
Meperidine	2 mg/kg BW	IM, SC
Phenylbutazone	10 mg/kg BW	IV
**Nalbuphine	100 mg/kg BW	IV
**Butorphanol	1-2 mg/kg BW	IM, IV, SC
**=術後1-3天每6-8hr給一次	0.3-0.8 mg/kg BW	IM, IV, SC
不推薦使用的藥物		
Promazine		
Chlorpromazine		
Chloroform		

表 16-6 犬鎮靜、麻醉及止痛藥物劑量表

藥物	劑量	途徑
麻醉前給藥		
Atropine	0.03-0.1 mg/kg BW	IM, IV, SC
鎮靜劑		
Acepromazine	0.5-2 mg/kg BW; max =2.5mg	IM, IV, SC
Diazepam	1-2.5 mg/kg BW	IV
Xylazine	1 mg/kg BW	IV
	1-4 mg/kg BW	IM
Ketamine	5 mg/kg BW	IV
	10 mg/kg BW	IM
注射麻醉劑		
Fentanyl & Droperidol	0.05 mg/kg BW	IV
	0.1-0.2 mg/kg BW	IM
Ketamine	10 mg/kg BW	IV
	20 mg/kg BW	IM
Pentobarbital	25-35 mg/kg BW	IV
Thiopental	20-30 mg/kg BW	IV
Thiamylal	9-18 mg/kg BW	IV
Alpha-chloralose (1% solution)	40-100 mg/kg BW	IV
混合注射麻醉劑		
Ketamine & Xylazine	10 & 2-4 mg/kg BW	IV(K),
Ketamine & Diazepam	7-10 & 0.4 mg/kg BW	IM(X)
Ketamine & Acepromazine	10 & 0.1 mg/kg BW; max=2.5mg	IV
Acepromazine & Oxymorphone	0.05-0.1mg/kgBW; max=2.5mg & 0.1-0.15 mg/kg BW	IV IV, IM, SC (A); IM, IV (O)
吸入麻醉劑		
Methoxyflurane	Induction: 1-3% Maintenance: 0.3-1.0%	
Halothane	Induction: 3-4% Maintenance: 0.5-1.5%	
Enflurane	Induction: 3-4% Maintenance: 1-3%	
止痛劑		
Xylazine	0.1 mg/kg BW	IM, IV bid
Phenylbutazone	22 mg/kg BW	PO sid
Meperidine	0.5-1.0 mg/kg BW	PO, SC, IM
Flunixin	1 mg/kg BW	IV sid
Oxymorphone	0.15 mg/kg BW	IM, IV, SC
Pentacozine	0.2 mg/kg BW	IM, PO
**Butorphanol	1-2 mg/kg BW	IM, IV, SC
**Nalbuphine	1-2 mg/kg BW	IM, IV, SC
**=術後1-3天每6-8hr給一次		
不推薦使用的藥物		
Alphaxalone-Alphadolene		

表 16-7 靈長類(Primate)鎮靜、麻醉及止痛藥物劑量表

藥物	劑量	途徑
麻醉前給藥		
Atropine	0.04-0.1 mg/kg	IM, IV, SC
鎮靜劑		
Acepromazine	0.25-1.0 mg/kg	IM, SC
Diazepam	1 mg/kg	IM, IV
Xylazine (Erythrocebus patas 需較高的劑量)	0.5-2 mg/kg	IM
Ketamine	7-14 mg/kg 5-15 mg/kg	IV IM
注射麻醉劑		
Fentanyl & Droperidol (Salmir sclureus 必須給低劑量)	0.05-0.1 ml/kg	IM
Ketamine	28-45 mg/kg 11-44 mg/kg	IV IM
Pentobarbital	20-30 mg/kg 30-35 mg/kg	IV IP
Thiopental	15-20 mg/kg	IV
Thiamylal(Cercopithecus aethiops 使用 barbiturates 時必須用較低的劑量)	15-30 mg/kg	IV
混合注射麻醉劑		
Ketamine & Xylazine	7 & 0.6 mg/kg	IM
Ketamine & Acepromazine	11 & 0.5 mg/kg	IM
吸入麻醉劑		
Methoxyflurane	Induction: 1-3% Maintenance: 0.3-1.0%	
Halothane	Induction: 3-4% Maintenance: 0.8-1.5%	
Enflurane	Induction: 3-4% Maintenance: 1-3%	
止痛劑		
Meperidine	2-10 mg/kg	IM, SC
Pentacozine	1-5 mg/kg	IM
**Oxymorphone	0.15 mg/kg	IM
**Butorphanol	0.15 mg/kg	IM, SC
**Nalbuphine	0.3-1.0 mg/kg 0.75-1.5 mg/kg	IM, SC IV
**=術後1-3天每6-8hr給一次		
不推薦使用的藥物		
Chlorpromazine		
Phencyclidine		