**节选翻译自**

**“AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2013 Edition”**

**美国兽医协会动物安乐死指南（2013版），P48-51**

**原文地址：**

[**https://www.avma.org/KB/Policies/Pages/Euthanasia-Guidelines.aspx**](https://www.avma.org/KB/Policies/Pages/Euthanasia-Guidelines.aspx)

**翻译有不准确之处，请参考原文。**

# S2. 实验动物

当可以满足所有应用方法的标准时，符合条件的方法等同于可接受的方法。

# S2.1 一般考虑因素

指南中还提供了关于伴侣动物、家畜、变温动物和鸟类的一般评论，通常适用于实验室环境中的这些物种。其他一些常用的实验动物物种将在后面的文本中加以说明。目前大多数用于生物医学研究的实验哺乳动物都是数量庞大的小型啮齿动物。静脉通路通常很困难，注射剂通常通过IP途径递送。

除了人道的结果之外，实验动物安乐死方法选择的一个重要考虑因素是被安乐死动物的研究目标。安乐死的方法可能导致代谢和组织学的伪产物，可能影响研究结果。例如，异氟醚可以人为提高血糖浓度，而IP注射巴比妥酸盐可以在肠道组织中产生假象，导致生殖激素的改变。安乐死通过吸入二氧化碳提高了血钾浓度。安乐死和组织收集之间的时间间隔也是影响安乐死方法选择的关键因素。出于研究需要还可能需要使用辅助方法(如双侧开胸、放血、灌注固定剂、注射氯化钾)。当动物被完全麻醉时，使用这种辅助方法是可以接受的。用于传染病研究的动物可能需要特殊处理，以保障动物和人类的健康和安全。

# S2.2 小型实验和野外捕获啮齿动物(小鼠、大鼠、仓鼠、豚鼠、沙鼠、德古斯、棉鼠)

所有与啮齿类动物安乐死有关的活动都应与安乐死方法本身同等考虑，并且可能会影响方法的选择。待安乐死的实验啮齿动物通常从家庭室、家笼中取出，放在不熟悉的群体中，然后在安乐死前关一段时间。对啮齿类动物造成痛苦的活动包括运输、处理(对不习惯这种行为的动物)、破坏相容的群体以及消除已有的气味标记。虽然消除所有的痛苦来源可能不实际或不可能，但选定的安乐死方法应尽量减少这些潜在的痛苦来源。安乐死的方法可能引起痛苦的叫声或其他信息，其他动物在房间里可以听到或闻到，所以如果运输痛苦能够降到最小，最好在另一个地方进行安乐死。同样，野生捕获的动物应该以对动物压力最小的方式处理和安乐死。

**S2.2.1**可接受的方法

**S2.2.1.1**非吸入剂

巴比妥酸盐和巴比妥酸衍生物可注射巴比妥酸盐能迅速、平稳地使啮齿动物失去知觉。如果有血管通路，静脉注射是首选。然而,IP途径注射由是最实用的。疼痛可能与通过IP途径注射有关，但疼痛的程度和控制疼痛的方法尚未确定。安乐死的剂量通常是麻醉剂量的三倍。对于实验啮齿动物，戊巴比妥是最常用的巴比妥酸盐，因为它具有较长的保质期和快速的作用。

可注射的巴比妥酸盐组合*——*可注射的巴比妥酸盐通常与局部麻醉剂和抗惊厥药组合使用。适当剂量的巴比妥酸盐是这些组合中最重要的组分。

解离剂组合 *-* 致死剂量的解离剂如氯胺酮通常用于实验室环境中。在一些物种中，氯胺酮能在镇静和丧失意识之前导致刺激活动。在清醒的啮齿类动物中，氯胺酮和类似的解离剂应与*a2-*肾上腺素能受体激动剂*(*如*xylazine)*或苯二氮卓类药物*(*如*diazepam)*联合使用。

**S2.2.2** 符合条件的方法

**S2.2.2.1**吸入剂

吸入麻醉机*——*含或不含*N2O*的氟烷，异氟烷，七氟醚或地氟醚，作为实验啮齿动物的安乐死符合条件的。一氧化二氮不能单独用于安乐死。在物理约束困难或不切实际的情况下，这些药剂可能有用。

二氧化碳——无论是否使用吸入麻醉药的预用药，作为小型啮齿动物的安乐死是符合条件的。气缸中的压缩二氧化碳气体是推荐的二氧化碳来源，因为可以精确地调节流入腔室的气体。 二氧化碳安乐死系统的最优流量应占腔室的10% - 30%或笼容积/分钟。

一氧化碳——虽然在实验动物环境中不常用，但在满足有效和安全使用条件的情况下，一氧化碳给药可以作为啮齿动物安乐死的一种方法使用(见吸入剂)。

**S2.2.2.2**非吸入剂

三溴乙醇-虽然不能作为商业或制药级(美国药典/国家处方/英国药典)产品，三溴乙醇是一种常用的啮齿类麻醉剂。由于报道的副作用(腹膜炎和死亡)，它的使用是有争议的。然而，许多生物医学IACUC已经批准在啮齿类动物中使用。当以适当的剂量制备，储存和施用时，三溴乙醇是符合条件的安乐死的方法。

乙醇 - 有人提出，当不需要物理方法或没有其他安乐死药物时，IP途径注射70％乙醇可能是适合小鼠安乐死的方法。注射0.5 mL 70%乙醇的小鼠在2 - 4分钟内逐渐失去肌肉控制、昏迷和死亡。虽然乙醇在某些应用条件下是可以接受的(在小鼠中产生抗体)，但在实验室环境中被讨论为可接受和符合条件的其他方法是更可取的。在较大的物种中使用它是不可接受的。

**S2.2.2.3**物理方法

颈椎脱臼——颈椎脱臼在实验室中使用。颈椎脱臼既不需要特殊设备也不需要运输动物，并且产生未被化学药剂污染的组织。颈椎脱臼后皮质功能的丧失是迅速的，发生在5到10秒内，这是通过视觉诱发反应和脑电图振幅记录的显著降低来测量的。颈椎脱位在小鼠和体重小于200g的大鼠的条件下是可以接受的。对人员进行麻醉和死亡动物的培训，以证明其熟练程度。

断头术——断头术在实验室环境中使用，因为它会产生未被化学试剂污染的组织。断头术后皮质功能的丧失是迅速的，发生在5到30秒内，测量方法是视觉诱发反应和脑电图变化的振幅记录显著降低。专用啮齿类断头台是可用的，必须保持清洁，使用锋利的刀片。如果处理得当，大鼠不会表现出下丘脑-垂体-肾上腺轴因断头术而激活的迹象，也有可能会出现这种迹象。断头术对小鼠和大鼠来说是符合条件的。

聚焦束微波辐照——聚焦束微波辐射，使用一种专门为动物安乐死设计的机器(见物理方法)，用于小鼠和大鼠安乐死是符合条件的。当研究需要立即固定脑代谢产物时，它是首选的方法。

**S2.2.3**不可接受的方法

**S2.2.3.1**吸入剂

氮气和氩气——氮气或氩气的给药仅在麻醉的哺乳动物中是可接受的，因为共存的<2％的O2浓度是实现无意识和死亡所必需的。实现这一条件很困难。 此外，氩气已被证明对老鼠具有高度的毒性。对于严重的镇静或麻醉，应该认识到死亡可能会推迟。 尽管氮气和氩气是有效的，但其他安乐死方法更好。

**S2.2.3.2**非吸入剂

氯化钾——静脉注射或心内注射氯化钾作为唯一的安乐死剂是不可接受的。

神经肌肉阻断剂——麻痹剂不能作为唯一的安乐死药物使用。注射巴比妥类药物和神经肌肉阻滞剂——将注射巴比妥类药物和神经肌肉阻滞剂在同一注射器内使用是不可接受的，因为神经肌肉阻滞剂可能在动物麻醉前生效。

阿片类药物——阿片类药物对实验动物的安乐死是不可接受的，因为它们不能快速起效，需要高剂量，并且不是真正的麻醉剂。

氨基甲酸酯——氨基甲酸乙酯是一种人类致癌物，起效缓慢。作为唯一的安乐死剂是不可接受的。

氯醛糖——氯醛糖作为安乐死的唯一药剂是不可接受的。

**S2.2.4**胎儿和新生儿

幼龄期啮齿动物（如小鼠和大鼠）必须与早熟的幼龄啮齿动物分开来（如豚鼠）。早熟幼龄啮齿动物应该被当作成年啮齿动物对待。

**S2.2.4.1**可接受的方法

母畜和胎儿的安乐死*——*啮齿动物胎儿和其他哺乳动物在子宫内是无意识的，缺氧不会引起反应。因此，母畜实施安乐死后，没有必要取出胎儿进行安乐死。

**S2.2.4.1.1**非吸入剂

单独注射巴比妥酸盐，并与局麻药和抗惊厥药联合使用;与a2-肾上腺素能受体激动剂或苯二氮平类药物联合使用的解离剂可用于胎儿或新生儿。见关于成年啮齿动物使用这些制剂的讨论。

**S2.2.4.2**符合条件的方法

**S2.2.4.2.1**吸入剂

吸入麻醉药-不可燃挥发性麻醉剂对子宫胎儿和新生儿啮齿类动物均有效。新生小鼠暴露于二氧化碳中50分钟后死去。应提供足够的时间，或在新生儿对疼痛刺激无反应后采取辅助方法(如脊椎脱臼或断头术)。

**S2.2.4.2.2**物理方法

低温 *-* 胎儿和新生儿的逐渐冷却是可以符合条件的。由于寒冷的表面可能会导致组织损伤和疼痛，动物不应该直接接触冰或预冷的表面。在日龄约*7*天的后，不推荐麻醉。因此，对于比这个年龄大的动物，它也是一种不符合条件的安乐死方法。被认为是无意识的胎儿和*<5*日龄的新生儿，其没有足够的神经系统发育来感知疼痛，可以通过在液氮中快速冷冻而迅速死亡。使用剪刀或锋利刀片进行断头术*——*断头术是适合新生儿（*<7*日龄）的条件。一些啮齿动物新生儿，无论是心房的还是腹膜前的，可能有一个组织块太大，一些剪刀剪不动。应考虑从组织破碎到人员安全在内的潜在疼痛。适当时，应选择另一种方法或使用成人断头工具。

颈椎脱臼 *-* 通过挤压和破坏高颈部脊髓的颈椎脱位对于胎儿和新生小鼠和大鼠符合条件的。

# S2.3 实验农场动物、狗、猫、鼬和非人灵长类

**S2.3.1**一般考虑因素

研究目标通常会影响农场动物，狗，猫和雪貂的安乐死方法的选择。

一般情况下，镇静(如有需要)和静脉注射巴比妥酸盐是首选方法。 如果没有可注射的巴比妥酸盐，由训练有素的人员给予的Tributame静脉注射替代。有关农场和伴侣物种的其他安乐死方法的更多信息，请参阅指南的相应部分。

对于实验室中使用的非人灵长类动物和其他野生捕获或非驯化的动物，适用一些一般原则。

同样，正在进行的研究可能会影响安乐死方法的选择，如果机构动物保护和使用项目的工作人员对一个物种不熟悉，与该物种一起工作的研究人员可能会提供有价值的指导。必须对该物种实施适当的限制。应尽量减少不熟悉操作的动物的压力。应建立静脉通路或使用IM制剂(如有必要通过远程注射设备)进行镇静。这些动物安乐死方法以注射巴比妥酸盐优先。

**S2.3.2**特殊情况

当安乐死动物被完全麻醉时，可采用双侧开胸、放血、灌注、静脉或心内注射氯化钾等辅助方法。

# S2.4 实验兔子

**S2.4.1**一般考虑因素

当遇到不愉快或不熟悉的气味时，兔子会挣扎着屏住呼吸。这使得大多数吸入方法在没有药物预处理的情况下很难在兔子身上使用。野生捕获的动物应以对动物压力最小的方式处理和安乐死。

**S2.4.2**可接受的方法

**S2.4.2.1**非吸入剂

巴比妥酸盐和巴比妥酸衍生物*——*如果对兔子进行处理，可以通过耳朵静脉通路注射。

对于易怒的兔子，注射巴比妥酸盐或注射巴比妥酸盐组合前可能需要镇静以获得静脉通路。巴比妥类药物也可以通过*IP*给药。如前所述，疼痛可能与通过*IP*途径给予的注射有关*;* 然而，疼痛程度和控制方法还有待确定。这种方法也适用于其他兔子。

**S2.4.3**符合条件的方法

**S2.4.3.1**吸入剂

吸入麻醉剂*——*尽管兔子在遇到难闻的气味时会屏住呼吸，动物已经注射了过量的麻醉剂麻醉可能是安乐死。

二氧化碳*——*虽然二氧化碳是一种有效的安乐死方法，但它作为家兔体内的唯一药剂，会给家兔带来明显的痛苦。使用镇静剂的预用药后，可以使用二氧化碳进行安乐死。

**S2.4.3.2**物理方法

颈椎脱臼*——*技术熟练的人进行兔子颈椎脱臼时，颈椎脱臼是符合条件的。对技术能力的需求在大的或成熟的家兔中是非常高的，在这种情况下，颈椎区域有大块肌肉，使得手动颈椎脱臼更加困难。设计用于帮助兔颈椎脱位的商业装置是可行的，而且应该评估它们的有效性。

穿透式固定螺栓*——*在实验室或生产设施中使用兔子大小的穿透性固定螺栓来对兔子实施安乐死是可以接受的。固定螺栓必须保持清洁，正确定位，并由经过培训的人员安全操作。

**S2.4.4**特殊情况

当要实施安乐死的兔子处于麻醉状态时，可以采用氯化钾、放血或双侧开胸等辅助方法。

# S2.5 实验有鳍鱼类，水生无脊椎动物、两栖动物和爬行动物

由于物种数量众多，生物学和生理学特征的变化各异，推荐用于生物医学研究的有鳍鱼类，水生无脊椎动物，两栖动物和爬行动物的安乐死方法具有挑战性。该指南的有关章节详细讨论了研究中常用的物种安乐死方法。有关更多信息，请参阅这些部分。

如水栖部分所述，斑马鱼（Danio rerio）可通过快速冷却（2°至4°C）实施安乐死，鳃盖的运动和随后在冰水中的保存时间，取决于鳍鱼的大小和年龄。成年斑马鱼应暴露至少10分钟，并在受精后4至7天的鱼苗要暴露至少20分钟后才失去鳃盖运动。快速冷却（以及MS 222）已被证明是胚胎<3 dpf的不可靠的安乐死方法。为了确保胚胎致死率，应该使用另一种药剂，如稀释的次氯酸钠或次氯酸钙溶液。如果有必要确保其他生命阶段的死亡，在快速冷却之后，可以采用经批准的辅助安乐死方法或人道杀死方法。在进行进一步研究之前，对于其他小型热带和亚热带高温物种的条件，快速冷却是符合条件的。

研究中常用的两栖动物包括非洲爪蛙、豹蛙和牛蛙。这些物种最好在全身麻醉的同时通过物理方法实施安乐死。