

【IACUC】实验动物镇静、止痛、麻醉和安乐死指南

1 目的：规范实验动物镇静剂、麻醉剂和止痛剂的使用。以及实验动物安乐死方法，确保人道的处理动物。

2 范围：根据 AAALAC 要求，参考 Laboratory Animal Anaesthesia 和 AVMA Guidelines on Euthanasia 推荐的动物安乐死方法制定本使用指南，为各院系 PI 撰写研究计划提供正确合理的镇静、麻醉和安乐死选择药物和方法。

对于给药方式说明：IP----腹腔注射 SC----皮下注射 IM----肌肉注射 IV----静脉注射 PO----口服

3 设备与材料：CO₂ 气瓶；配带盖和各种动物品种大小的麻醉诱导箱；麻醉机；注射剂或吸入剂；适当规格的注射器和针；个人防护装备至少包括防护服、手套、帽子和口罩等

4 步骤：

4.1 麻醉规程

麻醉时应认真检查所用的麻醉/止痛剂的有效使用日期，不可以使用过期的药物。

从开始麻醉到动物清醒必须对动物进行实时监护。麻醉的动物会反应迟钝、无方向感，所以麻醉时应将动物放置笼中或采取适当的措施防止动物造成损伤。动物完全麻醉（完全失去意识）方可开始手术。

麻醉期间应注意对动物采取适当的保温措施，如电热毯或红外线加热灯，防止动物体温降低。

4.2 对麻醉程度的检测

如果动物有翻身反应或对疼痛和刺激发生反应，如表现蠕动、移动、收回肢体，则手术必须延迟进行。

深度疼痛测试，用手指挤压动物的后肢脚趾，如果动物有反应如缩回后肢，则动物意识未完全消失；如果动物对测试无反应，则为无意识或意识消失，麻醉达到手术要，可以开始手术。

外科手术开始时，动物应充分松弛、对疼痛刺激无反应、呼吸和心率正常。

4.3 设施

在动物房或手术室实施麻醉。但麻醉时应尽量不要在其它动物听到、看见和闻到的区域进行。

4.4 局部麻醉

局麻是在小的非创伤性手术时，减轻动物痛苦而采取的措施。局麻的选择将取决于手术所需时间的长短、场所和动物品种。常用的局麻药有盐酸利多卡因和盐酸普鲁卡因。

4.5 剂量计算

根据动物的体重，计算麻醉药合适的给药剂量。

例如，用氯胺酮+安定麻醉 300g 的大鼠

氯胺酮的剂量是 75mg/kg，安定是 5mg/kg

因此， $0.300\text{kg} \times 75\text{mg/kg} = 22.5\text{mg}$ 氯胺酮， $0.300\text{kg} \times 5\text{mg/kg} = 1.5\text{mg}$ 安定

4.6 根据动物品种选择麻醉药物、剂量和给药途径

吸入麻醉剂（如异丙烷）所有品种的动物均适用。钢瓶中压缩 CO₂ 气体与氧气（50:50）混合至 100% 的 CO₂ 可以用于啮齿类动物短期吸入麻醉剂。

4.7.1 CO₂ 麻醉

CO₂ 诱导短暂的失去意识并适用于某些实验过程，如眼眶后静脉丛采血和一些注射。每次只麻醉一只动物。

使用一个与氧气未混合的 CO₂ 相连的容器。打开气瓶的主要阀门，通过微调从而调整

气体压力。把动物放进气体流动的容器并关上容器盖子。离开动物 1-3/2 分钟直到动物呼吸缓慢和无意识，从容器中取出动物开始实验。动物将维持 20-30 秒无意识状态。如果需要再麻醉 20 秒，追加一次麻醉剂量，不可以连续超过 2 次追加 CO₂ 麻醉。动物在容器中不可以放置超过 5/2 分钟。

动物将完全恢复，动物一恢复意识就放回原笼中。

在动物放进容器前，通过往眼里滴一滴盐酸丙对卡因更有宜于眼眶后静脉丛采血。局麻可以使动物减少对操作的敏感性并延长动物失去意识的时间，动物大约 10 秒钟就失去意识。先于采血前眼睛用薄纸擦拭以除去残余的盐酸丙对卡因。

4.7.2 常用的镇静、麻醉、止痛和安乐死推荐药物和方法

4.7.2.1 小鼠的镇静、麻醉、止痛和安乐死推荐药物和方法

4.7.2.1.1 小鼠镇静剂和诱导麻醉药物的选择

术前诱导麻醉药物	剂量	给药方式	效果
阿托品	0.04 mg/kg	SC or IP	抗胆碱能作用；减少唾液，呼吸道分泌物，阻止血管迷走神经反射
安定	5 mg/kg	IP	轻微镇静作用；不能止痛
氟胺酮	0.1-0.3ml/kg	IP	轻度镇静，中度止痛；
氯胺酮	100-200mg/kg	IM	深度镇静，轻微止痛；缺乏肌肉松弛作用

4.7.2.1.2 小鼠麻醉药物的选择

注射用麻醉剂	剂量	给药方式	麻醉深度 (轻度/外科麻醉)	持续时间 (min)	恢复时间 (min)
氯胺酮 & 安定	100mg/kg & 5mg/kg	IP	保定/麻醉	20-30	60-120
丙泊酚	26mg/kg	IV	外科麻醉	5-10	10-15
氟胺酮 & 安定	0.4ml/kg&5mg/kg	IP or IP	外科麻醉	20-40	120-240
丙泊酚	26mg/kg (然后 2-2.5mg/kg/min)	IV	外科麻醉	1-12hours	10-15
异氟烷	0.41ml/min at 4L/min Fresh gas flow (使用浓度 2%)	吸入	外科麻醉	--	--
三溴乙醇 (阿弗丁)	125-240 mg/kg(使用浓度 0.25%)	IP	外科麻醉	15-45	60-120

注：100%阿弗丁（三溴乙醇+叔戊醇=1:1 配成）；使用时用生理盐水进行稀释使用。

异氟烷使用需要面罩。

4.7.2.1.3 小鼠止痛药物的选择

止痛剂	剂量	给药方式	效果	效果持续时间
阿司匹林	120 mg/kg	PO	轻微止痛	-
丁丙诺啡	0.05-0.1mg/kg	SC	中等止痛	8-12 Hours
卡洛芬	5 mg/kg	SC	中等止痛	24 Hours
美洛昔康	5 mg/kg	SC	中等止痛	24 Hours

4.7.2.1.4 小鼠安乐死的药物和方法选择

药物或方法	剂量	试用动物	备注
戊巴比妥钠	100-200 mg/kg	所有小鼠	可接受方法
CO2	----	成年小鼠	可接受方法；幼龄动物和新生动物需要延长时间
颈椎脱臼	----	所有小鼠	条件可接受；操作人员需要接受培训，并具备熟练的技术

4.7.2.2 大鼠的镇静、麻醉、止痛和安乐死推荐药物和方法

4.7.2.2.1 大鼠镇静剂和诱导麻醉药物的选择

术前诱导麻醉药物	剂量	给药方式	效果
阿托品	0.05 mg/kg	SC or IP	抗胆碱能作用；减少唾液，呼吸道分泌物，阻止血管迷走神经反射
氟胺酮	0.2-0.5 ml/kg	IM	轻度/中度镇静，中度止痛；
安定	2.5-5 mg/kg	IP or IM	轻微镇静作用；不能止痛
氯胺酮	50-100 mg/kg	IP or IM	深度镇静，轻微止痛；缺乏肌肉松弛作用

4.7.2.2.2 大鼠麻醉药物的选择

注射用麻醉剂	剂量	给药方式	麻醉深度（轻度/外科麻醉）	持续时间 min	恢复时间 min
氯胺酮 & 安定	75mg/kg & 5mg/kg	IP	轻度麻醉	20-30	120
丙泊酚	10 mg/kg	IV	外科麻醉	5	10

氟胺铜 & 安定	0.6ml/kg & 2.5mg/kg	IP or IP	外科麻醉	20-40	120-240
丙泊酚	10-12mg/kg (然后 0.5-1.0mg/kg/min)	IV	外科麻醉	1-12 hours	10-15
异氟烷	0.41ml/min at 4L/min Fresh gas flow (使用浓度 2%)	吸入	外科麻醉	--	--
三溴乙醇(阿弗丁)	300 mg/kg	IP	外科麻醉	10-20	45-90

注：100%阿弗丁（三溴乙醇+叔戊醇=1:1 配成）；使用时用生理盐水进行稀释使用。
异氟烷使用需要面罩。

4.7.2.2.3 大鼠止痛药物的选择

止痛剂	剂量	给药方式	效果	效果持续时间
阿司匹林	100 mg/kg	PO	中等止痛	-
卡洛芬	5 mg/kg	SC	中等止痛	24 Hours
美洛昔康	5 mg/kg	SC	中等止痛	24 Hours
丁丙诺啡	0.01-0.05mg/kg	SC or IV	中等止痛	8-12 Hours
丁丙诺啡	0.1-0.25mg/kg	PO	中等止痛	8-12 Hours

4.7.2.2.4 大鼠安乐死的药物和方法选择

药物或方法	剂量	试用动物	备注
戊巴比妥钠	100-200mg/kg	所有大鼠	可接受方法
CO2	----	成年大鼠	可接受方法；幼龄动物和新生动物需要延长长时间
颈椎脱臼	----	体重<200g	条件可接受；操作人员需要接受培训，并具备熟练的技术颈椎脱臼前需要进行麻醉处理

4.7.2.3 豚鼠的镇静、麻醉、止痛和安乐死推荐药物和方法

4.7.2.3.1 豚鼠镇静剂和诱导麻醉药物的选择

术前诱导麻醉药物	剂量	给药方式	效果
阿托品	0.05mg/kg	SC	抗胆碱能作用；减少唾液，呼吸道分泌物，阻止血管迷走神经反射
安定	5mg/kg	IP or IM	深度镇静作用
氟胺酮	1.0 ml/kg	IP or IM	中度镇静，中度止痛；

氯胺酮	100 mg/kg	IM	深度镇静，轻微止痛；缺乏肌肉松弛作用
-----	-----------	----	--------------------

4.7.2.3.2 豚鼠麻醉药物的选择

注射用麻醉剂	剂量	给药方式	麻醉深度（轻度/外科麻醉）	持续时间 min	恢复时间 min
氟胺酮 & 安定	1.0ml/kg & 2.5mg/kg	IP or IM & IP	外科麻醉	45-60	120-180
氟胺酮 & 安定	1.0ml/kg/h & 2mg/kg（每 4 小时）	IP & IP	外科麻醉	1-12 hours	120-180
氯胺酮 & 安定	100 mg/kg & 5mg/kg	IM	保定/麻醉	30-45	90-120
异氟烷	0.41ml/min at 4L/min Fresh gas flow (使用浓度 2%)	吸入	外科麻醉	--	--

注：异氟烷使用需要面罩。

4.7.2.3.3 豚鼠止痛药物的选择

止痛剂	剂量	给药方式	效果	效果持续时间
阿司匹林	87 mg/kg	PO	轻微止痛	-
卡洛芬	4 mg/kg	SC	中等止痛	24 Hours
丁丙诺啡	0.01-0.05 mg/kg	SC or IP	中等止痛	大约 8-12 Hours

4.7.2.3.4 豚鼠安乐死的药物和方法选择

药物或方法	剂量	试用动物	备注
戊巴比妥钠	100-200 mg/kg	所有豚鼠	可接受方法
CO2	----	成年豚鼠	可接受方法；幼龄动物和新生动物需要延长延长时间

4.7.2.4 兔子的镇静、麻醉、止痛和安乐死推荐药物和方法

4.7.2.4.1 兔子镇静剂和诱导麻醉药物的选择

术前诱导麻醉药物	剂量	给药方式	效果
阿托品	0.05mg/kg	IM	抗胆碱能作用；减少唾液，呼吸道分泌物，阻止血管迷走神经反射

安定	0.5-2 mg/kg	IP or IM or IV	由轻到重度镇静；不能止痛
氟胺酮	0.2-0.5ml/kg	IM	轻到中度镇静，轻到深度止痛；
氯胺酮	25-50 mg/kg	IM	中度缓解镇静，中度止痛；缺乏肌肉松弛作用

4.7.2.4.2 兔子麻醉药物的选择

注射用麻醉剂	剂量	给药方式	麻醉深度（轻度/外科麻醉）	持续时间 min	恢复时间 min
美索比妥	10-15mg/kg(使用浓度1%)	IV	外科麻醉	4-5	5-10
丙泊酚	10 mg/kg	IV	轻度麻醉	5-10	10-15
氟胺酮 & 安定	0.3ml/kg & 1-2 mg/kg	IM & IV	外科麻醉	20-40	60-120
氟胺酮 & 安定	0.1-0.3ml/kg/h & 1mg/kg (每4小时)	IV & IV	外科麻醉	1-12 hours	60-120
异氟烷	0.41ml/min at 4L/min Fresh gas flow (使用浓度2%)	吸入	外科麻醉	--	--
氯胺酮 & 安定	25 mg/kg & 5mg/kg	IM & IM	外科麻醉	20-30	60-90

注：异氟烷使用需要“Bain's 回路”或者“Ayre's 三通管”。

4.7.2.4.3 兔子止痛药物的选择

止痛剂	剂量	给药方式	效果	效果持续时间
阿司匹林	100 mg/kg	PO	轻微止痛	不清晰
卡洛芬	4 mg/kg	SC	中等止痛	24 Hours
丁丙诺啡	0.05-0.1mg/kg	SC or IP	中等止痛	8-12 Hours

4.7.2.4.4 兔子安乐死的药物和方法选择

药物或方法	剂量	试用动物	备注
戊巴比妥钠	100-200mg/kg	所有兔子	可接受方法
CO2	----	成年兔子	可接受方法；幼龄动物和新生动物需要延长时间
颈椎脱臼	----	体重<1 kg	条件可接受；操作人员需要接受培训，并具备熟练的技术(颈椎脱臼前需要进行麻醉处理)

4.7.2.5 犬的镇静、麻醉、止痛和安乐死推荐药物和方法

4.7.2.5.1 犬镇静剂和诱导麻醉药物的选择

术前诱导麻醉药物	剂量	给药方式	效果
阿托品	0.05 mg/kg	SC or IM	抗胆碱能作用；
美托咪啶	10-100ug/kg	SC or IM or IV	轻到深度镇静；轻到中度止痛
乙酰丙嗪	0.1-0.25 mg/kg	IM	轻到中度镇静作用
氟胺酮	0.1-0.2 ml/kg	IM	中度到深度镇静，中度止痛；

4.7.2.5.2 犬麻醉药物的选择

注射用麻醉剂	剂量	给药方式	麻醉深度 (轻度/外科麻醉)	持续时间 min	恢复时间 min
丙泊酚	5-7.5 mg/kg	IV	外科麻醉	5-10	15-30
丙泊酚	5-7.5mg/kg (然后 0.2-0.4mg/kg/min)	IV	外科麻醉	20-30	15-30
丙泊酚	5-7.5mg/kg (然后 0.2-0.4mg/kg/min)	IV	外科麻醉	1-12 hours	10-15
异氟烷	0.41ml/min at 4L/min Fresh gas flow (使用浓度 2%)	吸入	外科麻醉	--	--
氯胺酮 & 美托咪啶	2.5-7.5 mg/kg & 40ug/kg	IM or IM	轻到中度麻醉	30-45	60-120

注：异氟烷使用需要“Bain's 或者 MaGill 回路”。

4.7.2.5.3 犬止痛药物的选择

止痛剂	剂量	给药方式	效果	效果持续时间
卡洛芬	4 mg/kg	SC	中等止痛	24 Hours
美洛昔康	0.2 mg/kg	SC	中等止痛	24 Hours
丁丙诺啡	0.005-0.02 mg/kg	SC or IP	中等止痛	8-12 Hours

4.7.2.5.4 犬安乐死的药物和方法选择

药物或方法	剂量	试用动物	备注
戊巴比妥钠	100-200g/kg	所有犬	可接受方法
CO2	----	成年犬	可接受方法；幼龄动物和新生动物需要延长长时间
氯化钾联合	----	所有犬	条件可接受；操作人员需要接受培训，

其他麻醉药			并具备熟练的技术（心内注射氯化钾前先进行麻醉处理）
-------	--	--	---------------------------

4.7.2.6 小型猪的镇静、麻醉、止痛和安乐死推荐药物和方法

4.7.2.6.1 小型猪镇静剂和诱导麻醉药物的选择

术前诱导麻醉药物	剂量	给药方式	效果
阿托品	0.05 mg/kg	SC or IM	抗胆碱能作用；
安定	1-2 mg/kg	IM	轻到中度镇静作用；
氯胺酮	10-15 mg/kg	IM	镇静；保定

4.7.2.6.2 小型猪麻醉药物的选择

注射用麻醉剂	剂量	给药方式	麻醉深度（轻度 / 外科麻醉）	持续时间 min	恢复时间 min
氯胺酮	10-15 mg/kg	IM	镇静；保定	20-30	60-120
丙泊酚	2.5-3.5 mg/kg	IV	外科麻醉	5-10	15-30
丙泊酚	2.5-3.5mg/kg（然后0.1-0.2mg/kg/min）	IV	外科麻醉	20-30	15-30
丙泊酚	2.5-3.5mg/kg（然后0.1-0.2mg/kg/min）	IV	外科麻醉	1-12 hours	10-15
异氟烷	0.41ml/min at 4L/min Fresh gas flow (使用浓度 2%)	吸入	外科麻醉	--	--
氯胺酮 & 安定	10-15 mg/kg & 0.5-2mg/kg	IM & IM	保定/轻度麻醉	20-30	60-90

注：异氟烷使用需要“Bain's 或者 MaGill 回路”或者“循环系统”。

4.7.2.6.3 小型猪止痛药物的选择

止痛剂	剂量	给药方式	效果	效果持续时间
卡洛芬	2-4 mg/kg	SC	中等止痛	24 Hours
丁丙诺啡	0.01-0.05mg/kg	SC or IP	中等止痛	8-12 Hours

4.7.2.6.4 小型猪安乐死的药物和方法选择

药物或方法	剂量	试用动物	备注
-------	----	------	----

戊巴比妥钠	100-200mg/kg	所有小型猪	可接受方法
CO2	----	成年小型猪	可接受方法；幼龄动物和新生动物需要延长长时间
氯化钾联合其他麻醉药	----	所有小型猪	条件可接受；操作人员需要接受培训，并具备熟练的技术（心内注射氯化钾前先进行麻醉处理）
打击头部	----	幼龄猪周龄	条件可接受；要求技术，充分保定，和适当的力量

4.7.2.7 非人灵长类的镇静、麻醉、止痛和安乐死推荐药物和方法

4.7.2.7.1 非人灵长类镇静剂和诱导麻醉药物的选择

术前诱导麻醉药物	剂量	给药方式	效果
阿托品	0.05 mg/kg	SC or IM	抗胆碱能作用；减少唾液，呼吸道分泌物，阻止血管迷走神经反射
安定	1 mg/kg	IM	轻到中度镇静
氯胺酮	5-25 mg/kg	IM	中度镇静；保定；轻微止痛；

4.7.2.7.2 非人灵长类麻醉药物的选择

注射用麻醉剂	剂量	给药方式	麻醉深度（轻度/外科麻醉）	持续时间 min	恢复时间 min
丙泊酚	7-8 mg/kg	IV	外科麻醉	5-10	10-15
氯胺酮 & 美托咪啶	5 mg/kg & 0.05mg/kg	IM & IM	外科麻醉	30-40	60-120
丙泊酚	7-8 mg/kg （然后 0.3-0.6mg/kg/min）	IV	外科麻醉	1-12 hours	10-15
异氟烷	0.41ml/min at 4L/min Fresh gas flow (使用浓度 2%)	吸入	外科麻醉	--	--
氯胺酮 & 安定	15 mg/kg & 1mg/kg	IM & IM	外科麻醉	30-40	60-90

注：异氟烷使用需要“Bain's 回路或者 Ayre's 三通管（体重<10 kg）”或者“MaGill 回路（体重>10 kg）”。

4.7.2.7.3 非人灵长类止痛药物的选择

止痛剂	剂量	给药方式	效果	效果持续时间
氟胺铜	0.3ml /kg	IM	良好止痛	-
卡洛芬	3-4 mg/kg	SC	中等止痛	24 Hours
美洛昔康	0.1-0.2 mg/kg	SC	中等止痛	24 Hours
丁丙诺啡	0.005-0.01 mg/kg	IM or IV	中等止痛	8-12 Hours
吗啡	1-2 mg/kg	SC or IM	中等止痛	4 Hours

4.7.2.7.4 非人灵长类安乐死的药物和方法选择

药物或方法	剂量	试用动物	备注
戊巴比妥钠	100-200 mg/kg	所有非人灵长类	可接受方法
吸入麻醉 CO2	----	成年非人灵长类	可接受方法；幼龄动物和新生动物需要延长长时间

4.7.2.8 鸟的镇静、麻醉、止痛和安乐死推荐药物和方法

4.7.2.8.1 鸟镇静剂和诱导麻醉药物的选择

术前诱导麻醉药物	剂量	给药方式	效果
氯胺酮（>1 kg）	15-20 mg/kg	IM	轻微止痛；保定
氯胺酮（<1 kg）	30-40 mg/kg	IM	轻微止痛；保定

4.7.2.8.2 鸟麻醉药物的选择

注射用麻醉剂	剂量	给药方式	麻醉深度（轻度/外科麻醉）	持续时间 min	恢复时间 min
氯胺酮 & 安定	20-40 mg/kg & 1-1.5mg/kg	IM & IM	中等外科麻醉	20-30	30-90

4.7.2.8.3 鸟止痛药物的选择

止痛剂	剂量	给药方式	效果	效果持续时间
-----	----	------	----	--------

丁丙诺啡	0.01-0.05mg/kg	IM	中等止痛	8-12 Hours
------	----------------	----	------	------------

4.7.2.8.4 鸟安乐死的药物和方法选择

药物或方法	剂量	试用动物	备注
戊巴比妥钠	100-200mg/kg	所有鸟	可接受方法
CO2	----	成年鸟	可接受方法；幼龄动物和新生动物需要延长长时间
颈椎脱臼	----	所有鸟	条件可接受；操作人员需要接受培训，并具备熟练的技术（脱臼前进行麻醉处理）
胸部压迫	----	小到中型鸟类	条件可接受；操作人员需要接受培训，并具备熟练的技术

4.7.2.9 鱼的镇静、麻醉、止痛和安乐死推荐药物和方法

4.7.2.9.1 鱼镇镇静、麻醉、止痛和诱导麻醉药物的选择

注射用麻醉剂	剂量	给药方式	麻醉深度 (轻度/外科麻醉)	持续时间 min	恢复时间 min
MS222	25-300mg/l	沉浸	外科麻醉		
盐酸苯佐卡因	25-100mg/l	沉浸	外科麻醉	2 分钟诱导	撤消后 5 分钟恢复

注：1.苯佐卡因配置：首先 200 mg 苯佐卡因+5 ml 丙酮，进行溶解，再加入 8 L 水配置成 25ppm(25mg/l)的苯佐卡因。

2.小到中型鱼（金鱼和鲑鱼），MS222 浓度为 100 mg/l。

4.7.2.9.2 鱼安乐死的药物和方法选择

药物或方法	剂量	试用动物	备注
MS222	≥300 mg/l	所有鱼类	可接受方法
盐酸苯佐卡因	≥100 mg/l	成年鱼类	可接受方法
脑脊髓刺毁法	----	所有鱼类	条件可接受；操作人员需要接受培训，并具备熟练的技术

4.8 保存记录

需要所有麻醉程序的手写记录文件。记录应该包括但不仅局限于以下几点：

IACUC 动物使用和管理方案编号

麻醉日期、时间和负责人签字

品系和个体或动物组别标记

使用的麻醉剂、止痛剂或镇静剂名称、剂量、给药途径和时间

如果需要在整个过程中监测生理参数（如心率、呼吸次数/节律、体温、粘膜色泽和足部的松弛度等）

4.9 术后恢复

动物可与正处于恢复期的同一品系动物放在一个笼具中，也可单独放在一个饲养笼内，但不要与未麻醉的动物放在一起，防止恢复期动物受伤。动物恢复期必须保温。当动物恢复正常活动时，可以与其它动物放回同一笼或一个动物房间。随后几天必须定时对动物进行观察保证不出现并发症。

---网络转载来源：北京大学 实验动物中心，2018 年。严禁商用！