



关键技术与管理创新 Key Technologies and Management Innovations

阿法沙龙联合右美托咪定对
玉米锦蛇麻醉诱导及苏醒的效果评估

谢伟骏, 黄康, 彭仕明*

(广州动物园, 广州市野生动物研究中心, 广州 510070)

稿件运行过程

收稿日期: 2025-07-09
修回日期: 2026-01-10关键词: 阿法沙龙;
右美托咪定;
玉米锦蛇;
复合麻醉;
麻醉诱导;
生理监测Keywords: Alfaxalone;
Dexmedetomidine;
Red cornsnake (*Panthero-
phis guttatus*);
Combined anesthesia;
Anesthetic induction;
Physiological monitoring

中图分类号: Q959.6; S858.93

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2026)-01-0140-12

DOI: 10.12375/ysdwxb.202507016

摘要

为评估阿法沙龙和右美托咪定复合麻醉对玉米锦蛇(*Pantherophis guttatus*)的麻醉效果与安全性,本研究采用自身交叉实验设计,将6条玉米锦蛇按随机顺序给予3种剂量组合的肌肉注射麻醉(组合A,阿法沙龙5.0 mg/kg + 右美托咪定0.05 mg/kg;组合B,6.5 mg/kg + 0.10 mg/kg;组合C,8.0 mg/kg + 0.15 mg/kg),记录麻醉诱导期和苏醒期的时长及动物行为学表现,持续监测心率、呼吸频率和体温,并检测麻醉前后动物的红细胞压积及血液生化指标;给药后60 min注射10倍于右美托咪定剂量的阿替美唑解醒并评估苏醒效果。结果显示:组合A仅产生轻度镇静和镇痛,无法达到外科麻醉深度;组合B可在大部分个体(66.67%)中诱导出满足临床操作所需的镇静深度,但镇痛与肌松不完全;组合C在所有个体中均诱导出稳定的外科麻醉深度,镇痛与肌松效果完善且苏醒平稳。三种组合处理均引起显著的心率和呼吸抑制($P < 0.01$),但抑制程度与剂量无明确线性关系,且对体温、体质量及主要血液指标影响较小。结果表明,阿法沙龙8.0 mg/kg联合右美托咪定0.15 mg/kg是玉米锦蛇安全、有效的肌肉注射麻醉诱导方案,可为游蛇科(Colubridae)物种临床麻醉方案的优化提供参考依据。

Evaluation of Alfaxalone Combined with
Dexmedetomidine on Anesthetic
Induction and Recovery in Red Cornsnake

XIE Weijun, HUANG Kang, PENG Shiming*

(Guangzhou Zoo, Guangzhou Wildlife Research Center,
Guangzhou 510070, China)

基金项目: 广州动物园园立科研项目(YL202304)

第一作者简介: 谢伟骏(1990—),男,中级兽医师;主要从事野生动物临床诊断与治疗工作。E-mail: pk90125@126.com

*通信作者: 彭仕明, E-mail: 18108438@qq.com

Abstract: To evaluate the efficacy and safety of combined anesthesia with alfaxalone and dexmedetomidine in red cornsnakes (*Pantherophis guttatus*), a self-crossover design was employed and six red cornsnakes were given intramuscular injections of three different dose combinations in random order (combination A: alfaxalone 5.0 mg/kg + dexmedetomidine 0.05 mg/kg; combination B: alfaxalone 6.5 mg/kg + dexmedetomidine 0.10 mg/kg; combination C: alfaxalone 8.0 mg/kg + dexmedetomidine 0.15 mg/kg). The durations of anesthetic induction and recovery and the animals' ethological performance were recorded. Heart rate, respiratory rate and body temperature were continuously monitored, and hematocrit along with blood biochemical parameters were measured before and after anesthesia. Ten times dose of dexmedetomidine was injected with atipamezole at 60 min after administration and recovery effects were evaluated. The results showed that combination A only produced mild sedation and analgesia, failing to achieve surgical anesthesia depth. Combination B induced sedation depth sufficient for clinical procedures in most individuals (66.67%), but with incomplete analgesia and muscle relaxation. In contrast, combination C consistently induced stable surgical anesthesia depth, complete analgesia and muscle relaxation and smooth recovery in all individuals. All three combinations caused significant suppression of heart rate and respiratory frequency ($P < 0.01$); however, the degree of suppression did not show a clear linear relationship with the dose, and only minor effects were observed on body temperature, body mass and key hematological parameters. The combination of alfaxalone (8.0 mg/kg) and dexmedetomidine (0.15 mg/kg) thus constitutes a safe and effective intramuscular anesthetic induction protocol for red cornsnakes, providing a valuable reference for optimizing clinical anesthesia regimens for colubrid species.

近年来,随着国内爬行动物饲养产业的兴起和野生动物保育工作的深入推进,蛇类的临床诊疗需求日益增加。多数蛇类未经长期人工驯养,野性较强且部分品种具有毒性,在临床检查、采样或手术等操作中易引发应激或攻击行为,而镇静和麻醉技术的应用可有效降低操作风险,保障人与动物的安全。然而,蛇类独特的躯体结构和生理特性使得哺乳动物或鸟类的常规麻醉方案难以直接适配。吸入麻醉剂(如异氟烷)虽已被证实对爬行动物有效,但存在药物泄漏风险,且需配套呼吸机、麻醉机等专业设备^[1-4],限制了其在基层或野外保育场景中的应用。目前,临床上已有多种注射型麻醉剂用于爬行动物的镇静和麻醉,但其药效存在显著的种间差异^[1,5-9],且国内仍缺乏系统研究。

在现有注射麻醉剂中,阿法沙龙作为神经活性甾体类麻醉剂,具有起效快、诱导平稳、作用时间短、无累积性及低刺激性等优势^[1,10],可通过静脉、肌内或皮下途径给药,但其对哺乳动物的心血管和呼吸系统存在剂量依赖性抑制作用,且麻醉恢复时间亦呈剂量依赖性特征^[11]。在爬行动物中,相关研究表明其药效具有温度依赖性,如对巴西红耳龟(*Trachemys scripta elegans*)的麻醉研究表明,在相同给药剂

量下,其麻醉诱导期、平台期和恢复期均显著受环境温度影响^[12-13]。另一种常用药物右美托咪定为 α_2 -肾上腺素能受体激动剂,具有可逆性强、常规剂量下无明显呼吸抑制和给药途径灵活等优势,已广泛应用于犬、猫、家兔,以及华南虎(*Panthera tigris amoyensis*)、东北虎(*P. t. altaica*)和马来熊(*Helarctos malayanus*)等野生动物的麻醉诱导与维持^[14-15]。在爬行动物中,右美托咪定可与氯胺酮及阿片类镇痛药联合用于佛州穴龟(*Gopherus polyphemus*)的镇静和麻醉^[16];与阿法沙龙类似,其对豹纹守宫(*Eublepharis macularius*)也可产生心血管抑制效应^[17]。然而,目前阿法沙龙与右美托咪定联合用于蛇类麻醉的研究仍十分有限。

玉米锦蛇(*Pantherophis guttatus*)属于游蛇科(Colubridae)豹斑蛇属(*Pantherophis*),原产于美国东部、东南部及墨西哥湾沿岸等地^[18],作为外来物种在国内动物园及宠物饲养中已较为常见,但其临床麻醉方案仍缺乏标准化研究,尤其缺乏针对该物种的系统评估。因此,本研究采用自身交叉设计,通过设置不同剂量的阿法沙龙与右美托咪定复合方案,评估其对玉米锦蛇的麻醉诱导效果、苏醒质量及关键生理指标的影响,旨在筛选出安全、有效的肌内注射

麻醉方案,为蛇类的临床诊疗与保育操作提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验动物

选取6条健康成年玉米锦蛇作为实验动物,编号为P1、P2、P3、P4、P5、P6,其中雌性2条、雄性4条,年龄5~7岁,体质量393~730 g。实验前对所有个体进行全面病史追溯及临床检查,确认无健康异常后纳入研究。实验期间,每条蛇均单独饲养在60 cm × 35 cm × 15 cm的抽屉式饲养箱内,箱内设置躲避区域和清洁饮水盆,以满足其行为与生理需求;垫材选用白杨木屑,采用底部加热垫控温,使饲养箱热区温度维持在27~29℃,无额外人工照明设施。在饲养管理中,每10 d饲喂一次体质量为20~25 g的解冻小白鼠,每隔15 d对受试蛇称量一次体质量。在每次麻醉实验开始前,均对受试蛇进行全面体格检查。在整个实验周期内,未观察到任何健康异常情况。

1.2 研究方法

1.2.1 实验分组与设计

采用阿法沙龙联合右美托咪定的复合麻醉方案,并依据药物剂量设置为3个剂量组,即组合A(阿法沙龙5.0 mg/kg + 右美托咪定0.05 mg/kg)、组合B(阿法沙龙6.5 mg/kg + 右美托咪定0.10 mg/kg)和组合C(阿法沙龙8.0 mg/kg + 右美托咪定0.15 mg/kg)。采用自身交叉设计,每条受试蛇分别接受上述3组复合麻醉剂处理,各组给药采用信封随机化法确定:通过抽取密封信封内标注组合名称的卡片,决定单次实验的麻醉方案,确保每条蛇3次实验的剂量组合不重复。

1.2.2 麻醉前准备

为保障实验安全并减少药物残留影响,每条蛇相邻两次实验间隔不少于2周。麻醉前,受试蛇需禁食至少3 d、禁水至少12 h。在麻醉前1 h,测量并记录每条蛇的体质量,随后将其置于透明塑料观察盒中,盒底温度维持在30℃左右。在静息状态下,通过观察肺部对应区域的身体起伏情况测定并记录呼吸频率(respiratory rate, RR),将811-B型多普勒血压计(Parks Medical Electronics, USA)探头放置于心脏位置测定并记录心率(heart rate, HR),使用uMEC12型动物心电监护仪(深圳迈瑞生物医疗电子

股份有限公司,中国)的温度探头测定并记录泄殖腔温度。最后,通过评估头颈部、躯干和尾部的活动能力和肌肉张力,确认受试蛇生理状态正常后,将其放回塑料盒中备用。

1.2.3 麻醉操作

使用蛇勾将受试蛇从塑料盒中取出,通过驱赶或引诱方式引导其自主进入保定管。待蛇体前部1/3~1/2进入保定管后,由一名操作者将部分蛇体轻缓拉出并固定,使约2/3蛇体暴露于保定管外。随后,由另一名操作者于蛇躯体前半部背侧肌内注射相应剂量的麻醉剂。注射完毕后,将蛇放回原塑料观察盒中,持续观察并评估其麻醉状态。自注射麻醉剂时开始计时,给药60 min时,无论受试蛇是否进入外科麻醉期,均按右美托咪定剂量的10倍肌内注射拮抗剂阿替美唑,同时记录其苏醒过程和状态。

1.2.4 身体反射及肌肉张力评估

在麻醉诱导期和苏醒期,通过评估各项反射及肌肉张力变化,记录各指标减弱、消失和恢复的时间,以判定麻醉诱导效果和苏醒进程。评估指标包括自主运动、翻正反射、泄殖腔反射、尾尖反射、针刺(疼痛)反射、舌伸缩反射、咬合力度及全身肌肉张力。通过观察蛇口腔、颈部、背部及尾部肌肉在对抗操作时的紧张程度,对肌肉张力进行评分,评估麻醉对肌肉张力的影响。评分标准:3分为清醒状态下的正常肌肉张力,2分为肌肉张力部分减弱,1分为肌肉张力显著减弱,0分为肌肉张力完全消失。

1.2.5 生理生化指标监测

在麻醉诱导和苏醒期间,室内温度维持在28~30℃。自麻醉剂给药起,每10 min测定并记录一次HR、RR和泄殖腔温度。待受试蛇尾尖反射消失后,将uMEC12型动物心电监护仪的透射式脉搏血氧探头固定于尾根部,持续监测血氧饱和度(pulse oxygen saturation, SpO₂)及脉率(pulse rate, PR)。待翻正反射和咬合力度显著减弱或消失后,实施气管插管,并使用CA60微型呼气末二氧化碳监测仪(深圳市美的连医疗电子股份有限公司,中国)监测呼气末二氧化碳分压(end-tidal carbon dioxide, ETCO₂)水平。上述指标自监测启动后,均每10 min记录一次。若给药后受试蛇的RR降至1次/min以下,则立即使用呼吸气囊实施间歇正压通气(intermittent positive pressure ventilation, IPPV),频率为2次/min,直至其自主

呼吸恢复。在实验前和3次麻醉实验全部结束后,分别对受试蛇进行体质量称量,并采集血液样本检测红细胞压积(hematocrit, HCT)和血液生化指标。

1.2.6 麻醉诱导与苏醒效果评估

在麻醉诱导及苏醒阶段,观察并记录受试蛇各项身体反射(包括自主运动、翻正反射、泄殖腔反射、尾尖反射、针刺反射、舌伸缩反射和咬合力度)及全身肌肉张力的丧失与恢复时间,同时按时间梯度对各项指标进行评分:0~20 min为3分,1~40 min为2分,41~60 min为1分,超60 min未变化为0分。将各项指标得分累加,以此评估麻醉诱导和苏醒效果,总分为0~24分,其中17~24分为优,9~16分为良,1~8分为差,0分为无效。将反射及肌肉张力完全丧失的时间定义为诱导时间,将反射及肌肉张力完全恢复的时间定义为苏醒时间,并分别记录。

1.3 数据统计与分析

本研究记录的观测指标包括体质量、各身体反射消失和恢复时间、肌肉张力减弱、消失和恢复时间,以及HR、RR和泄殖腔温度。上述指标均重复测定3次。采用GraphPad Prism 5软件完成数据统计分析与图表绘制,实验数据以平均值±标准差表示,组间差异显著性检验采用单因素方差分析,显著性水平 $\alpha = 0.05$ 。

1.4 动物伦理声明

本实验所有操作均严格遵守野生动物实验伦理相关官方指南与操作规范开展,并已通过广州动物园(广州市野生动物研究中心)伦理委员会审查(批件号:GZdwy202501),实验过程中涉及的动物样本及相关数据收集均符合审批要求。

2 结果

2.1 麻醉诱导期表现

各剂量组的麻醉诱导效果与反射丧失情况见表1。组合A的诱导效果欠佳,仅使部分受试个体进入轻度镇静及镇痛状态,且维持时间较短;组合C的镇静、镇痛及肌肉松弛效果完善,所有受试个体的生理反射及肌肉张力均在60 min内完全消失,可顺利实施气管插管,且在拮抗剂给药前未出现自主恢复迹象;组合B的诱导效果介于二者之间,可使动物获得较好的镇静效果,但镇痛和肌松不完全。从气管插管操作情况来看,组合A和组合B分别有2/6和1/6个体需借助开口器完成插管,而组合C所有个体均无需开口器即可顺利插管。根据1.2.6的评分标准,组合A、B和C的麻醉诱导评分分别为 (6.83 ± 5.53) 、 (17.17 ± 6.37) 和 (23.33 ± 1.21) ,组间差异显著($P < 0.05$)(表2)。

表1 各剂量组生理反射与肌肉张力丧失比例及所需时间

Table 1 The proportion of physiological reflexes and muscle tone and time required for the loss in each dose group

评估指标 Assessment parameter	组合A Combination A		组合B Combination B		组合C Combination C	
	丧失比例/% Loss percentage	所需时间/min Required time	丧失比例/% Loss percentage	所需时间/min Required time	丧失比例/% Loss percentage	所需时间/min Required time
自主运动 Spontaneous movement	66.67	20 ± 6	100.00	12 ± 5	100.00	6 ± 2
翻正反射 Righting reflex	0	n/l	66.67	19 ± 5	100.00	17 ± 5
泄殖腔反射 Cloacal reflex	16.67	23 ± 0	83.33	22 ± 10	100.00	13 ± 3
尾尖反射 Tail tip reflex	16.67	20 ± 0	66.67	25 ± 17	100.00	15 ± 7
咬合力度 Bite force	33.33	18 ± 4	83.33	20 ± 9	100.00	14 ± 4
针刺反射 Pinprick reflex	33.33	20 ± 1	83.33	19 ± 6	100.00	12 ± 5
舌伸缩反射 Tongue flicking reflex	83.33	14 ± 7	100.00	9 ± 4	100.00	5 ± 1
肌肉张力 Muscle tone	0	n/l	66.67	26 ± 11	100.00	17 ± 5
诱导完成 Induction completion	0	n/l	66.67	26 ± 11	100.00	17 ± 5

注: n/l. 60 min内无法进入麻醉诱导期或生理反射/肌肉张力未能丧失。

Note: n/l. Failure to enter the anesthesia induction phase or achieve loss of physiological reflexes/muscle tone within 60 min.

表2 各剂量组的麻醉诱导评分结果

Table 2 Result of anesthesia induction scores in each dose group

评估指标 Assessment parameter	评分 Score		
	组合 A Combination A	组合 B Combination B	组合 C Combination C
自主运动 Spontaneous movement	1.67 ± 1.37	3.00 ± 0	3.00 ± 0
翻正反射 Righting reflex	0	1.67 ± 1.37	2.83 ± 0.41
泄殖腔反射 Cloacal reflex	0.33 ± 0.82	2.00 ± 1.10	3.00 ± 0
尾尖反射 Tail tip reflex	0.50 ± 1.22	1.50 ± 1.38	2.67 ± 0.52
针刺反射 Pinprick reflex	1.00 ± 1.55	2.33 ± 1.21	3.00 ± 0
舌伸缩反射 Tongue flicking reflex	2.33 ± 1.21	3.00 ± 0	3.00 ± 0
咬合力度 Bite force	1.00 ± 1.55	2.33 ± 1.21	3.00 ± 0
肌肉张力 Muscle tone	0	1.33 ± 1.21	2.83 ± 0.41
麻醉诱导评分 Anesthesia induction score	6.83 ± 5.53 ^{aA}	17.17 ± 6.37 ^{bB}	23.33 ± 1.21 ^{cB}

注：表中数据为平均值 ± 标准差。麻醉诱导评分数据后小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$), 大写字母不同表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

Note: Data are presented as mean ± SD. For anesthesia induction scores, different lowercase letters shown as superscripts after the data values indicate significant differences ($P < 0.05$), and different uppercase letters indicate highly significant differences ($P < 0.01$).

2.2 苏醒期表现

注射拮抗剂后,所有受试个体均于60 min内成功苏醒。从自主运动到全身肌肉张力等各项指标的恢复均呈现明显的剂量依赖性延迟。组合C所有反射及肌肉张力的恢复时间均长于其余两组,其完全苏醒时间为(26 ± 7)min;组合B和组合A的苏醒时间分别为(17 ± 7)、(9 ± 7)min。统计分析显示,组合A与组合B的个体苏醒时间差异显著($P < 0.05$),与

组合C差异极显著($P < 0.01$),而组合B与组合C的个体苏醒时间差异不显著($P > 0.05$)(表3)。各组合的反射恢复和苏醒评分见表4。组合A、B、C的苏醒评分分别为(23.67 ± 0.82)、(23.50 ± 1.22)、(21.67 ± 1.37),其中组合C苏醒评分显著低于组合A、组合B($P < 0.05$),而组合A与组合B差异不显著。在实验过程中,所有受试个体的苏醒进程平稳,未观察到任何不良反应。

表3 各剂量组生理反射、肌肉张力恢复及苏醒时间

Table 3 Physiological reflexes, muscle tone recovery and recovery time in each dose group

评估指标 Assessment parameter	恢复时间 /min Restoration time		
	组合 A Combination A	组合 B Combination B	组合 C Combination C
自主运动 Spontaneous movement	8 ± 7	16 ± 7	23 ± 6
翻正反射 Righting reflex	2 ± 2	6 ± 6	11 ± 2
泄殖腔反射 Cloacal reflex	2 ± 2	4 ± 1	10 ± 4
尾尖反射 Tail tip reflex	2 ± 2	4 ± 1	8 ± 2
针刺反射 Pinprick reflex	3 ± 3	7 ± 2	11 ± 4
舌伸缩反射 Tongue flicking reflex	8 ± 7	14 ± 8	24 ± 7
咬合力度 Bite force	3 ± 4	8 ± 5	15 ± 3
肌肉张力 Muscle tone	4 ± 5	15 ± 7	22 ± 6
苏醒 Recovery	9 ± 7 ^{aA}	17 ± 7 ^{bAC}	26 ± 7 ^{bC}

注：表中数据为平均值 ± 标准差。苏醒恢复时间数据后小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$), 大写字母不同表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

Note: Data are presented as mean ± SD. For recovery time, different lowercase letters shown as superscripts after the data values indicate significant differences ($P < 0.05$), and different uppercase letters indicate highly significant differences ($P < 0.01$).

表4 各剂量组的生理反射恢复及苏醒评分

Table 4 Physiological reflex recovery and recovery scores in each dose group

评估指标 Assessment parameter	评分 Score		
	组合A Combination A	组合B Combination B	组合C Combination C
自主运动 Spontaneous movement	2.83 ± 0.41	2.83 ± 0.41	2.17 ± 0.41
翻正反射 Righting reflex	3.00 ± 0	3.00 ± 0	3.00 ± 0
泄殖腔反射 Cloacal reflex	3.00 ± 0	3.00 ± 0	3.00 ± 0
尾尖反射 Tail tip reflex	3.00 ± 0	3.00 ± 0	3.00 ± 0
针刺反射 Pinprick reflex	3.00 ± 0	3.00 ± 0	3.00 ± 0
舌伸缩反射 Tongue flicking reflex	2.83 ± 0.41	2.83 ± 0.41	2.33 ± 0.52
咬合力度 Bite force	3.00 ± 0	3.00 ± 0	2.83 ± 0.41
肌肉张力 Muscle tone	3.00 ± 0	2.83 ± 0.41	2.33 ± 0.52
苏醒 Recovery	23.67 ± 0.82 ^{aA}	23.50 ± 1.22 ^{aAC}	21.67 ± 1.37 ^{bC}

注: 表中数据为平均值 ± 标准差。苏醒评分数据后小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$), 大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: Data are presented as mean ± SD. For recovery scores, different lowercase letters shown as superscripts after the data values indicate significant differences ($P < 0.05$), and different uppercase letters indicate highly significant differences ($P < 0.01$).

2.3 肌肉张力评估

肌肉张力减弱、丧失和恢复的时间见表1和表3, 其随时间变化的动态评分见图1。组合B、C的肌肉松弛效果显著, 受试个体在给药30 min内即出现肌肉张力显著丧失且无自主恢复情况; 而组合A仅部分个体出现咬合力减弱或丧失。在注射拮抗剂后, 所有受试个体均能于30 min内实现肌肉张力完全恢复, 恢复过程平稳, 未出现张力再次减弱的情况。此外, 头颈部肌群张力的减弱、丧失及恢复进程均早于尾部肌群, 表明肌张力变化存在明显的体段差异。

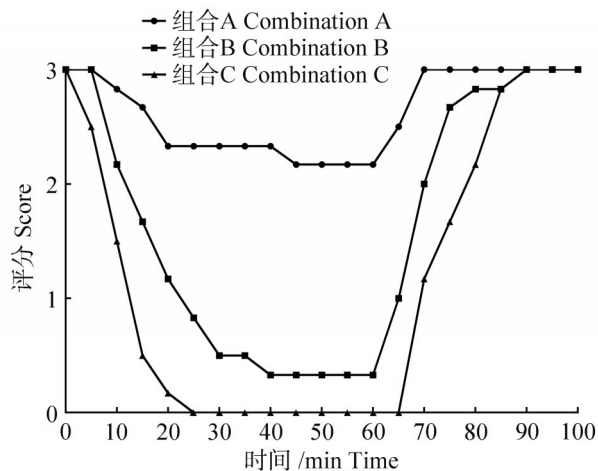


图1 各剂量组肌肉张力评分随时间的变化

Figure 1 Change in muscle tone scores over time in each dose group

2.4 生理生化指标评估

2.4.1 心血管系统功能

麻醉前, A、B、C剂量组的受试个体HR分别为(82 ± 15)、(85 ± 13)、(81 ± 16)次/min。麻醉诱导期间, 各剂量组HR均呈显著下降趋势(图2)。各剂量组给药后即刻HR与基线水平相比无显著差异($P > 0.05$), 但随麻醉诱导时间延长, 所有剂量组的HR下降幅度均具有统计学意义。给药后20 min, 各剂量组HR均较基线极显著下降($P < 0.01$), 并于60 min时降至最低值, A、B、C剂量组分别为(40 ± 11)、(38 ± 7)、(40 ± 5)次/min, 组间差异不显著($P > 0.05$)。在诱导过程中, 组合B和组合C各有1例出现短暂心律不齐(持续10~20 s, 发作2或3次)。注射拮抗剂10 min后, 各剂量组HR均显著回升($P < 0.05$); 给药30 min后, 组合A、B、C的HR分别恢复至诱导前基线水平的87.8%、83.5%和87.7%。整个苏醒期间和苏醒后, 所有受试个体均未再观察到心率异常。

2.4.2 呼吸系统功能

麻醉前, A、B、C剂量组受试个体的RR分别为(48 ± 8)、(44 ± 19)、(55 ± 6)次/min, 组间无显著差异($P > 0.05$)。麻醉诱导10 min后, 所有组别的RR均较基线极显著下降($P < 0.01$), 并分别于30 min(组合C)和40 min(组合A、B)降至最低值(图3)。

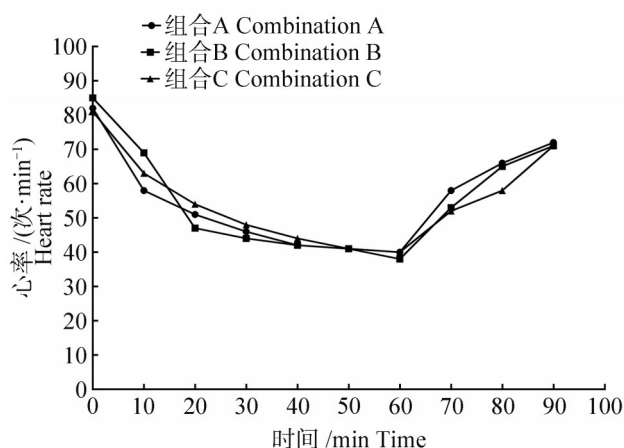


图2 各剂量组玉米锦蛇平均心率随时间的变化

Figure 2 Change in mean heart rate over time in each dose group of red cornsnakes

组间对比结果显示,仅在麻醉诱导后30 min时,组合C的RR显著低于组合A($P < 0.05$),其余时间点各组间RR差异均不显著($P > 0.05$)。诱导期间,组合C中有一例在给药后40 min时RR低于1次/min,随即对其实施IPPV支持(通气频率为2次/min),直至其恢复自主呼吸($RR > 2$ 次/min)。RR恢复趋势存在组间差异:组合A个体的RR在给药后60 min内(即拮抗前)自主回升,而组合B、C个体均在注射拮抗剂10 min后才缓慢回升。注射拮抗剂30 min后,组合A、B、C的RR分别恢复至诱导前基线水平的47.9%、45.5%和23.6%。SpO₂监测结果显示,仅4/6个体(体色为黄、粉及红白相间)可间断采集到有效数值,SpO₂为50%~80%,但波动较大,无法实现稳定持续监测,未形成具有临床参考价值的数据。其余两个个体(体色为灰色、橘红色)全程未检测到可用数据。所有受试个体的ETCO₂监测均未成功。

2.4.3 体温变化

麻醉前,所有受试个体的平均泄殖腔温度为(29.6 ± 1.0)°C,组间差异不显著($P > 0.05$)。诱导期间,泄殖腔温度呈缓慢下降趋势(图4),但各时间点与基线相比,下降幅度未达到统计学显著水平;给药60 min后,各剂量组的平均泄殖腔温度与麻醉诱导前基线仍无显著差异($P > 0.05$)。在注射拮抗剂后,泄殖腔温度未见明显回升,而是逐渐趋近于环境温度。

2.4.4 血液生化指标及体质量变化

麻醉前后的血液生化和血常规指标检测结果见表5。反映肝肾功能的指标(尿酸、球蛋白、天冬

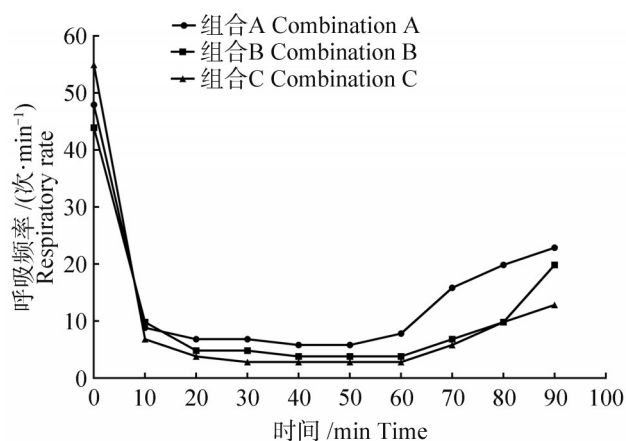


图3 各剂量组玉米锦蛇平均呼吸频率随时间的变化

Figure 3 Change in mean respiratory frequency rate over time in each dose group of red cornsnakes

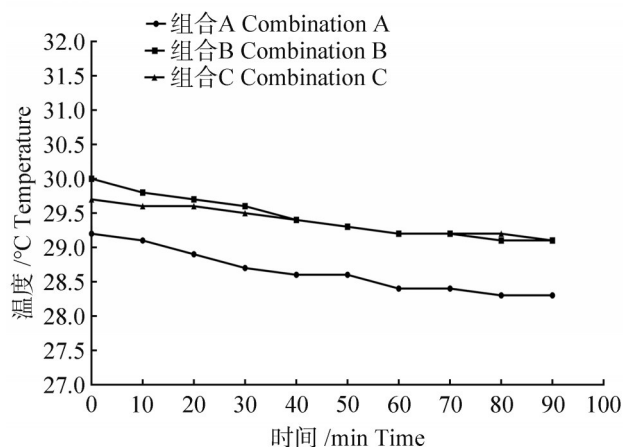


图4 各剂量组玉米锦蛇平均泄殖腔温度随时间的变化

Figure 4 Change in mean cloacal temperature over time in each dose group of red cornsnakes

氨酸氨基转移酶、碱性磷酸酶和 γ -谷氨酰转移酶等)在麻醉前后均未见显著波动($P > 0.05$),且其数值基本处于该物种参考区间内。部分受试个体的丙氨酸转氨酶、肌酸激酶和乳酸脱氢酶水平略高于参考区间上限。HCT在麻醉前后虽有小幅下降,但组内差异不显著($P > 0.05$),且全部数值均在参考区间内。唯一观察到的显著变化是脂肪酶(LIPA)水平在麻醉后显著降低($P = 0.02$)。所有受试个体的总甲状腺素(total thyroxine, TT4)水平在麻醉前后均低于检测下限(< 6.0 nmol/L),果糖胺(fructosamine, FRU)水平则在3次麻醉处理后均呈现不同程度的升高。

玉米锦蛇实验前后的体质量变化见表6。除个体P3、P5的体质量在麻醉前后差异显著($P < 0.05$)外,其余个体的体质量均保持稳定($P > 0.05$)。

表5 玉米锦蛇麻醉前后血液生化和血常规指标比较

Table 5 Comparison of blood biochemical and hematological parameters before and after anesthesia of red cornsnakes

项目 Item	指标 Index	单位 Unit	麻醉前 Before anesthesia	麻醉后 After anesthesia	P值 P value	参考值 ^[19] Reference value ^[19]
	血糖 GLU	mmol/L	4.65 ± 0.88	4.12 ± 1.37	0.44	2.72(0.94 ~ 5.11)
	肌酐 CREA	μmol/L	56.30 ± 12.4	47.2 ± 8.80	0.17	53.04(17.68 ~ 176.80)
	尿素 UREA	mmol/L	1.40 ± 1.10	1.60 ± 1.40	0.74	0.50(0.17 ~ 1.00)
	无机磷 PHOS	mmol/L	1.99 ± 0.34	2.01 ± 0.46	0.95	1.19(0.58 ~ 2.58)
	尿酸 URIC	μmol/L	444.30 ± 148.70	355.50 ± 100.90	0.25	261.71(59.48 ~ 808.93)
	血钙 Ca	mmol/L	3.42 ± 0.39	3.88 ± 0.53	0.11	3.89(2.97 ~ 4.97)
	血镁 Mg	mmol/L	1.70 ± 0.40	1.84 ± 0.44	0.57	
	总蛋白 TP	g/L	84.00 ± 13.80	84.50 ± 14.00	0.95	70.00(33.00 ~ 107.00)
	白蛋白 ALB	g/L	31.80 ± 7.50	29.70 ± 7.40	0.63	21.00(10.00 ~ 34.00)
	球蛋白 GLOB	g/L	52.20 ± 11.20	55.00 ± 10.90	0.67	47.00(26.00 ~ 74.00)
	丙氨酸转氨酶 ALT	U/L	91.20 ± 17.90	109.30 ± 45.60	0.38	19.00(1.00 ~ 57.00)
血液生化 Blood biochemistry	天冬氨酸氨基转移酶 AST	U/L	88.50 ± 19.50	97.50 ± 26.20	0.52	25.00(4.00 ~ 149.00)
	碱性磷酸酶 ALKP	U/L	53.30 ± 16.70	47.80 ± 18.10	0.60	35.00(0.00 ~ 85.00)
	γ-谷氨酰转氨酶 GGT	U/L	0.50 ± 0.50	0.50 ± 1.20	1.00	9.00(0.00 ~ 25.00)
	总胆红素 TBIL	μmol/L	12.00 ± 3.30	12.50 ± 4.00	0.82	5.13(0.00 ~ 17.10)
	胆固醇 CHOL	mmol/L	11.61 ± 2.58	10.66 ± 3.70	0.62	12.23(6.90 ~ 17.53)
	甘油三酯 TGIL	mmol/L	2.82 ± 1.06	2.69 ± 1.28	0.85	3.74(0.53 ~ 12.62)
	胰淀粉酶 AMYL	U/L	1 418.50 ± 530.70	1 562.00 ± 639.80	0.68	540.00(255.00 ~ 2 225.00)
	脂肪酶 LIPA	U/L	244.30 ± 49.60	155.20 ± 59.90	0.02	
	肌酸激酶 CK	U/L	1 084.80 ± 715.60	1 142.30 ± 779.30	0.90	270.00(31.00 ~ 967.00)
	乳酸脱氢酶 LDH	U/L	575.20 ± 120.10	591.70 ± 208.80	0.87	178.00(10.00 ~ 585.00)
	总甲状腺素 TT4	nmol/L	< 6.00	< 6.00		
	果糖胺 FUR	nmol/L	388.30 ± 58.90	431.30 ± 43.40	0.18	
血常规 Blood routine	红细胞压积 HCT	%	38.00 ± 2.40	37.90 ± 6.00	0.98	30.00(13.00 ~ 50.00)

3 讨论与结论

3.1 麻醉效果评价与剂量选择

本研究评估了不同剂量阿法沙龙和右美托咪定

复合方案对玉米锦蛇的麻醉效果。结果表明,肌内注射阿法沙龙 5.0 mg/kg 复合右美托咪定 0.05 mg/kg (组合 A) 仅能产生轻度镇静与镇痛效果,且该作用在较强外界刺激下难以稳定维持,因此该剂量组合

表6 玉米锦蛇实验前后体质量变化

Table 6 Body mass changes of red cornsnakes before and after the experiment

个体编号 Snake ID	测量阶段 Survey period	体质量 /g Body mass			
		重复1 Replicate 1	重复2 Replicate 2	重复3 Replicate 3	平均值 ± 标准差 Mean ± SD
P1	实验前 Pre-experiment	633	658	644	644.17 ± 12.53
	实验后 Post-experiment	635	697	658	663.33 ± 31.34
P2	实验前 Pre-experiment	432	412	419	418.83 ± 10.15
	实验后 Post-experiment	423	466	473	454.00 ± 27.07
P3*	实验前 Pre-experiment	360	371	405	376.83 ± 23.46
	实验后 Post-experiment	427	446	463	445.33 ± 18.01
P4	实验前 Pre-experiment	704	744	714	716.00 ± 20.82
	实验后 Post-experiment	731	744	734	736.33 ± 6.81
P5*	实验前 Pre-experiment	415	423	413	401.33 ± 5.29
	实验后 Post-experiment	440	445	432	439.00 ± 6.56
P6	实验前 Pre-experiment	584	551	536	563.67 ± 24.56
	实验后 Post-experiment	536	530	537	534.33 ± 3.79

注: *. 实验前后体质量存在显著差异($P < 0.05$)。

Note: *. There was significant difference in body mass between the pre- and post-experiment groups ($P < 0.05$).

仅适用于X线、B超等影像学检查及常规体格检查。当剂量增至阿法沙龙 6.5 mg/kg 复合右美托咪定 0.10 mg/kg(组合B)时,麻醉深度可满足临床检查、静脉穿刺、样品采集、气管插管及简单外科操作的需求,但镇痛与肌松不完全,尚无法达到外科麻醉期标准。当剂量进一步升至阿法沙龙 8.0 mg/kg 复合右美托咪定 0.15 mg/kg(组合C)时,可实现快速且稳定的麻醉诱导,并维持至少 30~40 min 的外科麻醉期。此外,所有剂量组的受试个体在注射拮抗剂后均平稳苏醒。

与既往蛇类麻醉研究相比,本方案显示出明显优势。单纯使用阿法沙龙进行腹腔注射(20~30 mg/kg)或尾静脉注射(9 mg/kg)时,可能出现翻正反射抑制不全,诱导时间波动较大或维持时间较短等情况^[20-21]。本研究采用阿法沙龙与右美托咪定联合用药方案,在相对较低的阿法沙龙剂量(8.0 mg/kg)下即实现了所有受试个体翻正反射完全消失,且该麻醉状态可稳定维持 30~40 min,同时苏醒时间可通过阿替美唑拮抗显著缩短。从给药途径来看,腹腔注射或静脉注射虽可加快药物入血、缩短麻醉诱导

时间,但对操作技术要求较高,对小型蛇类而言难度尤为显著。心内注射虽已在蛇类中证实具有可行性,但存在穿刺后引发心脏压塞和心肌损伤的潜在风险^[22-23]。颈静脉注射则需通过外科手术暴露血管,不适用于麻醉诱导,而在蛇类麻醉实践中,可供麻醉药物静脉注射的部位仅限腹侧尾静脉。相比之下,肌肉注射虽起效较慢,却具备操作简单、风险低和适用范围广等突出优势,因此被确定为本研究麻醉诱导的首选给药方式。注射部位选取蛇体前 1/3~1/2 段的左侧背部肌肉,此定位可有效避免药物误入发达的右侧肺脏,降低药物潜在的肾毒性和肝脏首过效应,同时有助于提升麻醉诱导效果^[24]。

3.2 反射与神经肌肉变化特征

既往研究多聚焦于翻正反射和针刺反射的评估,其他反射类型则更多用于麻醉维持阶段的麻醉深度监测^[3-4,20,24]。本研究首次系统且详细记录了玉米锦蛇在复合麻醉下多种反射的丧失与恢复顺序。结果显示,自主运动与舌伸缩反射通常最先减弱并最终丧失;尾尖反射、泄殖腔反射和针刺反射的丧失时间相近,而翻正反射和肌肉张力的丧失常晚于其

他反射。这一现象可能与药物作用特性相关:阿法沙龙仅具备镇静效应而无镇痛作用,右美托咪定的镇痛作用在给药初期尚未达到足以抑制疼痛相关反射的浓度,因此给药后与镇静相关的自主运动和舌伸缩反射被快速且明显抑制,而与镇痛相关的针刺反射、尾尖反射等在麻醉诱导前期的抑制效果相对有限。尽管肌肉张力评估及各部位肌群张力丧失与恢复的顺序判断存在一定主观性,但此类动态监测数据对麻醉诱导进程的把控和苏醒阶段的风险评估均具有重要参考价值。本研究发现,肌肉张力的减弱、丧失和恢复过程均呈现显著的剂量依赖性。诱导期肌肉张力的丧失表现出明确的部位差异:通常颈部肌肉张力最先丧失,其后是躯干中段肌肉,尾部肌肉张力最后丧失。值得注意的是,口腔肌肉张力的丧失常晚于颈部肌肉,且在麻醉深度不足时,气管插管操作可能诱发其张力暂时性恢复。与诱导期不同,恢复期各部位肌肉张力的恢复未表现出明确的顺序规律,这一模式与阿法沙龙单独麻醉绿鬣蜥(*Iguana iguana*)时的观察结果^[25]存在差异。

3.3 对心血管、呼吸及代谢功能的影响

本实验首次报道了阿法沙龙联合右美托咪定对玉米锦蛇生理生化指标的影响。给药后HR受到显著抑制,前30 min下降趋势明显,30~60 min降幅趋于平缓,注射拮抗剂后显著回升;RR同样受到显著抑制,麻醉前均值为51次/min,给药10 min后迅速降至10次/min以下并维持该水平,注射拮抗剂后缓慢回升。对比不同剂量和麻醉深度的数据发现,HR和RR的降低程度与麻醉深度、给药剂量无显著相关性,表明在本研究设定的剂量范围内,尽管该联合用药方案对玉米锦蛇的心血管系统和呼吸系统存在明显抑制作用,但此抑制效应缺乏剂量依赖性,该结果与阿法沙龙单独麻醉犬、右美托咪定联合氯胺酮麻醉金头狮面狨(*Leontopithecus chrysomelas*)的研究结论^[11,26]存在差异。此外,受试蛇在解醒后30 min时,其HR与RR均未恢复至麻醉前水平,推测其原因可能为麻醉前的保定操作引发了动物初始的心动过速和呼吸加快,而解醒后HR与RR仅恢复至正常静息水平,并非未完全复苏。所有受试个体的泄殖腔温度随时间推移缓慢下降,但始终处于实验环境温度范围内,解醒后无明显波动。由于实验温度全程维持在玉米锦蛇的最适温度区间,因此对结果的干扰较小。麻醉前后的血液生化及血常规检测显示,3次

麻醉处理在短期内对受试个体的肝肾功能影响有限,且未引起HCT明显波动。但需注意,爬行动物的生化及血液学指标易受季节、饮食和环境温度等多种因素调控,因此麻醉剂的长期效应仍需进一步研究验证。所有受试个体在3次麻醉后体质量未出现显著下降,且实验后食欲、排泄功能正常,喂食后无反流、呕吐等现象,表明该复合麻醉方案对玉米锦蛇胃肠道功能及整体生理状态影响较小。

3.4 监测技术挑战与临床应用启示

本研究尝试使用动物心电监护仪的透射式脉搏血氧探头、心电监测仪及微型呼气末二氧化碳监测仪对玉米锦蛇的心血管与呼吸系统功能进行监测,但实际操作中均面临较大挑战。透射式脉搏血氧探头分别置于口腔、心脏前后区域及尾根时,仅浅色个体(黄、粉及红白相间体色)的尾根部位可获得监测数据,其PR与多普勒血压计测得的HR数据吻合,SpO₂则波动较大(50%~80%)且输出不稳定,缺乏临床应用价值。这一现象主要归因于爬行动物体表色素沉着、鳞片坚硬且凹凸不平,以及麻醉状态下组织灌注不良,导致透射式探头无法有效采集信号,而反射式探头因可放置于食管或泄殖腔等血管丰富的部位,理论上可提供更可靠的监测数据。心电图(electrocardiogram, ECG)监测虽参照已有经验方法(将电极置于心脏前端及后方两侧体壁)成功获得心电信号^[27],但受玉米锦蛇体壁面积过小的限制,电极片难以稳定附着,最终无法获得持续稳定的监测数据。尽管ETCO₂监测已在绿鬣蜥的麻醉监测中成功应用^[28],但本研究中对所有完成气管插管的个体进行ETCO₂监测时均未获取到有效数据,推测可能与玉米锦蛇潮气量过低有关。上述监测方法虽未达到预期效果,但为后续爬行动物麻醉监测的技术优化与方法改进提供了重要的实践参考。

本研究重点关注阿法沙龙联合右美托咪定复合麻醉方案的诱导效果,仅设定60 min的观察期限,未对麻醉维持时间进行完整统计;对于腹腔/骨科等耗时较长的外科操作,建议在该方案诱导麻醉后使用呼吸麻醉维持。本方案配合吸入麻醉已成功用于3例玉米锦蛇剖宫产手术,术中无疼痛反应及其他不良反应,术后均恢复良好^[29]。此外,在实验期间,研究团队因临床诊疗需要,曾采用相同方案(阿法沙龙8.0 mg/kg + 右美托咪定0.15 mg/kg)对王锦蛇(*Elaphe carinata*)、豹斑蛇(*Pantherophis obsoletus*)等

游蛇科物种进行麻醉。初步临床观察表明,该方案在这些物种中同样能诱导出稳定的麻醉状态,其中观察到的生理、生化指标与玉米锦蛇相仿。因上述病例非本研究设计的研究对象,其详细监测数据未纳入分析,但该经验表明本麻醉方案可能对游蛇科其他物种具有潜在适用性。值得注意的是,若使用异氟烷麻醉维持,部分个体在维持阶段会出现呼吸频率显著降低甚至呼吸暂停。这一现象除与吸入麻醉剂的附加作用相关外,吸入纯氧亦是关键因素——爬行动物在富氧环境中会降低通气频率与潮气量^[30],故术后将供气由纯氧切换为环境空气,可有效促进其呼吸功能的恢复。

综上所述,本研究证实阿法沙龙(8.0 mg/kg)联合右美托咪定(0.15 mg/kg)的复合用药方案是玉米锦蛇及游蛇科其他蛇类的理想麻醉诱导方案。该方案起效可靠、深度可控、苏醒平稳,且对生理机能影响小,具备良好的临床应用价值,为爬行动物麻醉相关研究提供了实验依据。但需注意,爬行动物种间的药物敏感性存在显著差异,本方案对蟒、蚺等大型蛇类的适用性、安全性和剂量调整,仍需通过进一步的针对性研究予以验证。

参考文献:

- [1] 甘霖莉,何宝祥,沈文祥. 爬行动物麻醉方法研究进展[J]. 动物医学进展, 2019, 40(2): 113-116.
GAN L L, HE B X, SHEN W X. Progress on reptile anaesthesia [J]. Progress in Veterinary Medicine, 2019, 40(2): 113-116.
- [2] 孙春玲,李烧烧,齐晓新,等. 一例圆鼻巨蜥胃内异物的诊断与手术治疗[J]. 野生动物学报, 2021, 42(4): 1161-1164.
SUN C L, LI R R, QI X X, et al. Diagnosis and surgical treatment of intragastric foreign body in a *Varanus salvator* [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2021, 42(4): 1161-1164.
- [3] 孙晓煜,唐业忠,陈勤. 短尾蝮蛇异氟烷气体麻醉方法介绍[J]. 四川动物, 2015, 34(5): 701-706.
SUN X Y, TANG Y Z, CHEN Q. Description of inhalant anesthesia in *Gloydius brevicaudus* [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2015, 34(5): 701-706.
- [4] 黄晓娟,祖宇瑶,田书心,等. 异氟烷对尖吻蝮的麻醉实验研究[J]. 蛇志, 2019, 31(1): 5-7.
HUANG X J, ZU Y Y, TIAN S X, et al. Anesthetic experiment of isoflurane on *Agkistrodon acutus* [J]. Journal of Snake, 2019, 31(1): 5-7.
- [5] MILLER L J, FETTERER D P, GARZA N L, et al. A fixed moderate-dose combination of tiletamine+zolazepam outperforms midazolam in induction of short-term immobilization of ball pythons (*Python regius*) [J]. PLoS One, 2018, 13(10): e0199339.
- [6] VON DEGERFELD M M. Personal experiences in the use of association tiletamine/zolazepam for anaesthesia of the green iguana (*Iguana iguana*) [J]. Veterinary Research Communications, 2004, 28(1): 351-353.
- [7] HEATON-JONES T G, KO J C H, HEATON-JONES D L. Evaluation of medetomidine-ketamine anesthesia with atipamezole reversal in American alligators (*Alligator mississippiensis*) [J]. Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 2002, 33(1): 36-44.
- [8] BARRILLOT B, ROUX J, ARTHAUD S, et al. Intramuscular administration of ketamine-medetomidine assures stable anaesthesia needed for long-term surgery in the Argentine tegu *Salvator merianae* [J]. Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 2018, 49(2): 291-296.
- [9] OPPENHEIM Y C, MOON P F. Sedative effects of midazolam in red-eared slider turtles (*Trachemys scripta elegans*) [J]. Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 1995, 26(3): 409-413.
- [10] 李培德,侯凤香,侯加法. 小动物诱导麻醉研究进展[J]. 动物医学进展, 2014, 35(1): 102-106.
LI P D, HOU F X, HOU J F. Progress on induction anesthesia in small animals [J]. Progress in Veterinary Medicine, 2014, 35(1): 102-106.
- [11] MUIR W, LERCHE P, WIESE A, et al. Cardiorespiratory and anesthetic effects of clinical and supraclinical doses of alfaxalone in dogs [J]. Veterinary Anaesthesia and Analgesia, 2008, 35(6): 451-462.
- [12] SHEPARD M K, DIVERS S, BRAUN C, et al. Pharmacodynamics of alfaxalone after single-dose intramuscular administration in red-eared sliders (*Trachemys scripta elegans*): A comparison of two different doses at two different ambient temperatures [J]. Veterinary Anaesthesia and Analgesia, 2013, 40(6): 590-598.
- [13] KISCHINOVSKY M, DUSE A, WANG T, et al. Intramuscular administration of alfaxalone in red-eared sliders (*Trachemys scripta elegans*): Effects of dose and body temperature [J]. Veterinary Anaesthesia and Analgesia, 2013, 40(1): 13-20.
- [14] 彭仕明,单芬,陈武,等. 右美托咪啶与舒泰对圈养虎麻醉效果的观察[J]. 野生动物学报, 2015, 36(2): 146-150.
PENG S M, SHAN F, CHEN W, et al. Anesthesia effect on captive tigers (*Panthera tigris*) with a combination of tiletamine, zolazepam and dexmedetomidine [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2015, 36(2): 146-150.
- [15] 单芬,周妞,杜雪晴,等. 一种复方麻醉剂对圈养马来熊麻醉效果的研究[J]. 广东畜牧兽医科技, 2023, 48(6): 67-72.
SHAN F, ZHOU N, DU X Q, et al. Study on the effects of a compound anesthetics on captive sun bears [J]. Guangdong Journal of Animal and Veterinary Science, 2023, 48(6): 67-72.
- [16] MCGUIRE J L, HERNANDEZ S M, SMITH L L, et al. Safety and utility of an anesthetic protocol for the collection of biological samples from gopher tortoises [J]. Wildlife Society Bulletin, 2014, 38(1): 43-50.
- [17] FINK D M, DOSS G A, SLADKY K K, et al. Effect of injection

- site on dexmedetomidine-ketamine induced sedation in leopard geckos (*Eublepharis macularius*) [J]. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 2018, 253(9): 1146–1150.
- [18] 陈俊宏, 吴浩浩, 高振华. 宠物玉米锦蛇的家庭养殖技术 [J]. *当代畜牧*, 2018(9): 47–48.
- CHEN J H, WU H H, GAO Z H. Family culture technology of pet corn snake [J]. *Contemporary Animal Husbandry*, 2018 (9): 47–48.
- [19] CARPENTER J W, MARION C J. Exotic animal formulary [M]. 5th ed. Saint Louis: Elsevier, 2018: 181–182.
- [20] STRAHL-HELDRETH D E, CLARK-PRICE S C, KEATING S C J, *et al.* Effect of intracoelomic administration of alfaxalone on the righting reflex and tactile stimulus response of common garter snakes (*Thamnophis sirtalis*) [J]. *American Journal of Veterinary Research*, 2019, 80(2): 144–151.
- [21] SCHEELINGS T F, BAKER R T, HAMMERSLEY G, *et al.* A preliminary investigation into the chemical restraint with alfaxalone of selected Australian squamate species [J]. *Journal of Herpetological Medicine and Surgery*, 2011, 21(2/3): 63–67.
- [22] MCFADDEN M S, BENNETT R A, REAVILL D R, *et al.* Clinical and histologic effects of intracardiac administration of propofol for induction of anesthesia in ball pythons (*Python regius*) [J]. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 2011, 239(6): 803–807.
- [23] SELLERI P, DI GIROLAMO N. Cardiac tamponade following cardiocentesis in a cardiopathic boa constrictor imperator (*Boa constrictor imperator*) [J]. *Journal of Small Animal Practice*, 2012, 53(8): 487.
- [24] YAW T J, MANS C, JOHNSON S M, *et al.* Effect of injection site on alfaxalone-induced sedation in ball pythons (*Python regius*) [J]. *Journal of Small Animal Practice*, 2018, 59(12): 747–751.
- [25] BERTELSEN M F, SAUER C D. Alfaxalone anaesthesia in the green iguana (*Iguana iguana*) [J]. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 2011, 38(5): 461–466.
- [26] SELMI A L, MENDES G M, BOERE V, *et al.* Assessment of dexmedetomidine/ketamine anesthesia in golden-headed lion tamarins (*Leontopithecus chrysomelas*) [J]. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 2004, 31(2): 138–145.
- [27] MITCHELL M A. Reptile cardiology [J]. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 2009, 12(1): 65–79.
- [28] HERNANDEZ-DIVERS S M, SCHUMACHER J, STAHL S, *et al.* Comparison of isoflurane and sevoflurane anesthesia after premedication with butorphanol in the green iguana (*Iguana iguana*) [J]. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 2005, 36(2): 169–175.
- [29] 胡倩雯, 彭仕明, 谢伟骏. 3例外科治疗玉米锦蛇难产的病例报告 [J]. *广东畜牧兽医科技*, 2024, 49(6): 113–117.
- HU Q W, PENG S M, XIE W J. Three case reports of surgical intervention for dystocia of *Pantherophis guttatus* [J]. *Guangdong Journal of Animal and Veterinary Science*, 2024, 49(6): 113–117.
- [30] DIVERS S J, STAHL S J. Mader's reptile and amphibian medicine and surgery [M]. 3rd ed. Saint Louis: Elsevier, 2019: 448.