

孙超,杨雪,屈金权,等. 医学实验手术中仔猪麻醉及保留自主呼吸的气管插管技术的应用 [J]. 中国比较医学杂志, 2023, 33(4): 76-82.

Sun J, Yang X, Qu JQ, et al. Anesthesia and application of tracheal intubation technique for preserving spontaneous breathing in medical experimental operation on piglets [J]. Chin J Comp Med, 2023, 33(4): 76-82.

doi: 10.3969/j.issn.1671-7856.2023.04.011

医学实验手术中仔猪麻醉及保留自主呼吸的气管插管技术的应用

孙超¹, 杨雪¹, 屈金权², 杨欣悦^{1,2}, 沈才福², 李佳佳², 刘江伟^{2*}

(1.新疆医科大学研究生学院, 乌鲁木齐 830000; 2.新疆军区总医院新疆特殊环境医学重点实验室, 乌鲁木齐 830000)

【摘要】 目的 介绍一种安全实用的适用于医学实验仔猪手术的气管插管和麻醉方法。方法 20头健康长白仔猪, 麻醉前给药使用阿托品和咪达唑仑, 自制仔猪面罩吸氧后给予氯胺酮及丙泊酚诱导。使用自制开口器配合可视喉镜, 通过保留自主呼吸的气管插管技术顺利插管, 丙泊酚、芬太尼、罗库溴铵维持麻醉。通过耳缘、大腿等建立动、静脉通道, 进行麻醉与监测。麻醉稳定后, 监测各项生理指标。术中密切监测, 术后良好护理, 避免并发症发生。结果 仔猪插管稳定后, 心率每分钟(111.15±6.6)次、呼吸频率每分钟18次、血氧饱和度(尾巴)(98.6±1.09)%、额温(39.16±0.76)℃、股动脉血压(106.3±7.63)/(70±6.94) mmHg、中心静脉压(颈内静脉)(8.15±1.94) cmH₂O、呼吸末二氧化碳分压(35.5±3.79) mmHg、呼吸峰压(19.6±2.41) cmH₂O、临床虚弱时间(19.4±2.6) s、直接喉镜观察时间(65.2±5.7) s。麻醉时间约2 h。气管及血管插管均成功, 术中麻醉平稳, 无死亡仔猪, 术后无严重麻醉相关并发症。结论 应用本文介绍的麻醉和插管技术可安全实施仔猪腹部手术的全身麻醉。麻醉过程中各项生命体征稳定, 可行多种插管和监测, 麻醉安全性高。良好的术后监测和护理可避免相关并发症。

【关键词】 全凭静脉麻醉; 保留自主呼吸; 插管; 仔猪

【中图分类号】 R-33 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-7856 (2023) 04-0076-07

Anesthesia and application of tracheal intubation technique for preserving spontaneous breathing in medical experimental operation on piglets

SUN Jiu¹, YANG Xue¹, QU Jinquan², YANG Xinyue^{1,2}, SHEN Caifu², LI Jiajia², LIU Jiangwei^{2*}

(1. Graduate School of Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, China. 2. Key Laboratory of Special Environmental Medicine of Xinjiang, General Hospital of Xinjiang Military Command, Urumqi 830000)

【Abstract】 **Objective** To introduce a safe and practical method of tracheal intubation and anesthesia for medical experimental piglets. **Methods** Twenty Chang-Bai piglets were chosen as the experimental animals, and atropine and midazolam were used as preanesthetic medication before anesthesia. The piglets were induced by ketamine and propofol after oxygen inhalation with a self-made mask. The self-made mouth opener and visual laryngoscope were used to successfully intubate the piglets using the tracheal intubation technique to retain autonomous breathing, and propofol, fentanyl, and rocuronium were used to maintain anesthesia. The artery and vein channels were established through the ear margin and thigh for anesthesia and monitoring. When the piglets were anesthetized stably, their physiological indexes were monitored. Close monitoring during operation and good nursing after operation can avoid complications. **Results** After 20 Landrace piglets were anesthetized stably, the heart rate was (111.15±6.6) beats/min, the respiratory rate was 18 breaths/min, oxygen saturation was (98.6±1.09)%, frontal temperature was (39.16±0.76)℃, saphenous arterial

【基金项目】 军队实验动物专项科研课题(SYDW[2017]11号)。

【作者简介】 孙超(1987—),男,博士研究生,主治医师,研究方向:腹部创伤与胃肠肿瘤的临床治疗与研究。E-mail:617631362@qq.com

【通信作者】 刘江伟(1970—),男,博士后,主任医师,博士生导师,研究方向:普通外科及特殊环境战创伤研究。

E-mail:ljw273273@163.com

pressure was $(106.3 \pm 7.63) / (70 \pm 6.94)$ mmHg, central venous pressure was (8.15 ± 1.94) cmH₂O, ETCO₂ was (35.5 ± 3.79) mmHg, peak respiratory pressure was (19.6 ± 2.41) cmH₂O, time of clinical weakness was (19.4 ± 2.6) s, and duration of direct laryngoscopy was (65.2 ± 5.7) s. The anesthesia time was approximately 2 hours. Tracheal intubation and vascular intubation were successful, and the anesthesia was stable during the operation. No piglets died, and no serious anesthesia-related complications were found after the operation. **Conclusions** The technique of total intravenous anesthesia and endotracheal intubation while preserving spontaneous breathing can be safely and effectively applied to the general anesthesia of piglets for laparotomy. Various vital signs were stable during anesthesia, and multiple vascular intubations and monitoring were feasible, with high anesthesia safety. Good postoperative monitoring and nursing can avoid related complications. This method can provide a reference for researchers of general anesthesia for abdominal surgery in piglets.

【Keywords】 total intravenous anesthesia; preserve spontaneous breathing; intubation; piglet

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

医学动物模型为探究疾病发生和发展、药物及手术治疗效果提供了客观依据。由于灵长类动物在成本及伦理方面的原因,较难广泛在动物实验中使用。与犬类相比,猪在心血管、消化、大脑神经系统等解剖结构和人类更相似,疾病的病理、生理过程也存在许多共同点^[1-3]。仔猪体型较成年猪小,易饲养、转运、麻醉、手术,且器官接近成年人类大小。因此,常选取仔猪为实验动物用于器官移植、疾病研究、药物及手术治疗探索。

全麻能满足全身及深部脏器手术操作所需的镇静、镇痛、肌松要求,更符合实验动物福利与伦理要求,而保障实验动物围手术期生命安全的是一项具体体现^[4-5]。麻醉常用药品如咪达唑仑(苯二氮草类药)、氯胺酮(非巴比妥类静脉麻醉药)、丙泊酚(烷基酸类的短效静脉麻醉药)、罗库溴铵(非去极化神经肌肉阻滞剂)等可导致呼吸道分泌物增加、支气管痉挛、呼吸抑制或暂停。气管插管能很好的控制及管理气道,是保证手术期间生命安全的重要通道^[6],是进行长时间手术操作的必要保障。猪喉和气管的解剖具有自身特点,如舌长大,口腔及喉部狭长,会厌肥大且紧贴后壁^[1],因此,其气管插管尤为困难。术前应思考怎样确保长时间麻醉及复苏的安全实施。我们使用 20 头长白仔猪进行腹部创伤模型的开腹手术及治疗,通过麻醉手术期间的观察及探索,归纳了一套适用于仔猪麻醉的方案。不仅建立了适合猪腹部创伤模型手术治疗的麻醉方案,确保模型的进一步研究价值,且保障了模型术中监测到位,生命体征平稳,术后复苏快,存活率高。

1 材料和方法

1.1 实验动物

健康长白仔猪 20 头,雌雄不限,体重 30~35

kg,10~12 周龄,普通清洁级动物,购自新疆泰昆农牧科技有限责任公司,检疫合格证明(NO.9001068323)。仔猪放入新疆军区总医院新疆特殊环境医学重点实验室大动物饲养室[SYXK(军)2017-0049],适应性喂养 7 d,消除应激反应。室温 24~26℃,湿度 30%~40%,每隔 12 h 明暗交替。实验通过新疆军区总医院动物实验伦理和福利委员会审核批准(IACUC-DWLL20190314),符合 3R 原则。

1.2 主要试剂与仪器

利多卡因注射液(河北天成,批号:1B220516102);硫酸阿托品注射液(天津金耀,批号:2205101);咪达唑仑注射液(宜昌人福,批号:21F01021);盐酸氯胺酮注射液(江苏恒瑞,批号:211020BL);罗库溴铵注射液(峨眉山通惠,批号:22071801);丙泊酚中/长链脂肪乳注射液(西安力邦,批号:12111262-1);芬太尼注射液(宜昌人福,批号:11D11121)。兽用麻醉机(GH-900C,瑞得);心电监护仪(T8,迈瑞);麻醉视频喉镜(SMT-II,斯美特);电动吸引器、猪用吸氧面罩、猪用开口器、静脉留置针(上海普益,批号:220523)动脉穿刺针(山东东贝,批号:321330035),中心静脉导管(北京天地和协,批号:202009008)及常规手术器械。

1.3 实验方法

1.3.1 麻醉前准备及用药

术前禁食禁水 12 h。虽然长白仔猪比成年猪体型小,但是建立静脉通道等麻醉前准备时,仍会出现明显反抗,而难以操作。予以适当镇静后,可很好配合麻醉前各项准备。咪达唑仑是强效镇静剂,可以很好的控制仔猪烦躁抵抗,用于麻醉前镇静效果良好。但苯二氮草类镇静药存在呼吸系统分泌物增多、误吸等风险,通常需配合抗 M 胆碱作用药物使用。采用阿托品 0.04 mg/kg 肌注,10 min 后咪

达唑仑 0.15 mg/kg+氯胺酮 1.5 mg/kg 肌注,30 min 后达到理想镇静状态。

1.3.2 固定和备皮

等待理想镇静状态时,将仔猪仰卧位于手术台上,绷带固定四肢使其轻度外展。颈部、腹部切口及腹股沟区皮肤用医用备皮刀剃毛。

1.3.3 建立血管通道

耳缘静脉置管:选取耳缘血管中较粗壮、走行较直的血管,酒精消毒后轻柔拍打促进血管扩张,固定耳朵根部,按压血管根部阻止血液回流使血管进一步充盈。此时用 20 G 外周静脉留置针(peripheral venous catheter, PVC)在目标血管处斜行 15°进针,针尖进入 3~5 mm,可见血液顺利流入留置针透明塑料通道时,退出针芯 5 mm,继续进针 5 mm 后完全拔出针芯,将套管置入血管后用静脉输液贴妥善固定。另一侧用同样方法建立通道。

动脉穿刺置管:选取后肢大腿内侧,消毒铺巾,扪及动脉搏动明显处为隐动脉,2%利多卡因皮下注射 5 mL 浸润麻醉后,切开皮肤,分离出血管鞘,游离动脉,插入 18 G 动脉穿刺针后,退出针芯,1 号丝线固定动脉穿刺套管,连接三通管,肝素封管后接入动脉监测导管(见图 1)。

颈静脉穿刺置管:颈部正中线旁 5 cm、下颌角下方 5 cm 标记为切口中心。以标记点为中心,利多卡因皮下注射局部浸润麻醉后,纵向切口皮肤 3 cm,分离皮下组织,甲状腺拉钩暴露切口,钝性分离下方颈阔肌、胸锁乳突肌、气管前肌群,可显露其深部颈内静脉,暴露血管约 3 cm 长度,后方置入 2 根 1 号丝线。提起近心端丝线,此时血管内可被血液充盈,调整丝线方向使血管保持直线。20 G 动脉穿刺针置入血管后,置入单腔静脉包中的导丝,长度 5 cm。经导丝置入肝素预先冲洗的单腔静脉导管,深度 10 cm,将两根丝线结扎固定导管,肝素封管后关



图 1 动脉穿刺置管

Figure 1 Arterial puncture catheterization

闭阀门备用。

1.3.4 数据监测

使用 Cooper 等^[7]的方法评估插管条件的质量(对插管的反应、下颌松弛度、声带位置)。参考文献^[8]方法评估肌肉松弛质量(临床虚弱时间、直接喉镜检查时间)。临床虚弱时间定义为诱导药物注射完成时至眼睑下垂的时间。直接喉镜检查时间定义为喉镜片放入口腔至气管导管开始通气的时间。待完成各项插管及仪器连接后,监测并记录心率、血氧饱和度、血压等生命体征数据(见图 2)。

1.3.5 麻醉诱导

麻醉诱导是将实验动物转为可手术操作状态。猪舌肥大,口腔及喉部狭长,会厌肥大且紧贴后壁,插管困难。若发生插管失败,易导致猪窒息而死亡。因此我们采用保留呼吸的气管插管方法,增加插管过程中的安全性。连接心电监护仪,监测心率、动脉压力、猪尾氧饱和度。使用我们自制的仔猪面罩(见图 3)吸氧 5~10 min(纯氧,氧流量 10 L/min),可高效、简便的完成“去氮给氧”过程,保证充足的氧气储备。依次使用氯胺酮注射液(2 mg/kg)静推,丙泊酚注射液(1.5 mg/kg, 15 s 内)静推。暂时不使用肌松药物。

1.3.6 气管插管

(1)将铝制管芯置入 6.5 号气管导管,预制呈前端勾状。液体石蜡或利多卡因胶浆润滑导管前 2/3。(2)插入导管前,先用利多卡因注射液喷洒咽喉部,减少其敏感性,预防喉痉挛。(3)通过右侧口角放入可视喉镜,观察咽喉部状况,常常见到会厌紧贴后壁而无法观察声门。(4)右手用勾状导管尖端挑开会厌,喉镜协助暴露声门,可再次追加利多卡因。(5)将导管尖端放入声门后,小心轻柔拔除管芯,务必保持导管无偏移或脱出,继续小心送入导管。(6)观察胸廓起伏,听诊导管有无气流,双肺



图 2 术中监测

Figure 2 Intraoperative monitoring

呼吸音是否对称,氧饱和度是否正常,判断插管是否成功。相较于控制呼吸的气管插管,保留自主呼吸可保持插管时实验动物的通气功能,为插管提供更高的安全性(见图 4)。但此过程由于没有充分的肌肉松弛效果,插管时暴露相对困难。通常情况下,插管需要专门人员持续协助保持猪开口状态以利于放入喉镜观察。

1.3.7 静脉麻醉维持

插管成功后接通呼吸麻醉机,注射肌松剂后,呼吸消失时转为机控模式,设置潮气量(10 ± 2) mL/kg,每分钟呼吸频率(20 ± 2)次,每分钟氧流量(1.5 ± 0.5)L,吸:呼=1:2。丙泊酚注射液 $8 \sim 10$ mg/(kg·h) 静脉泵入,芬太尼注射液每 30 min/20 μ g 静脉推注,罗库溴铵 0.6 mg/kg 静脉推注后,每 40~50 min 追加 20 mg。此方法操作简单,气管插管条件下安全有效,无空气污染,药物易获得,麻醉管理简单。

1.3.8 麻醉复苏及拔管

观察手术进程,关腹前 40 min 可再追加 1 次肌松药,减少肌张力利于关腹操作。关腹缝合腹膜时,停用镇痛药。为减少术后疼痛,可使用 2%利多卡因于伤口周围肌肉、皮下注射,以期达到超前镇痛的目的^[9]。若麻醉较浅时,可追加一次丙泊酚 20~30 mg,伤口皮肤缝合完成时,停止丙泊酚泵入。观察呼吸机风箱或气道压力阀出现抵抗时,表示呼吸功能逐渐恢复,此时可试行停止机控呼吸,密切观察氧饱和度及自主呼吸状态,必要时予以手控呼吸或恢复机控呼吸。待呼吸完全恢复,停止氧气吸入后,仍保持血氧饱和度 95%及以上时,观察睫毛反射和疼痛反射恢复良好,即可拔除气管导管。继续予以自制猪用面罩氧气吸入,观察心率、呼吸、氧饱和度情况,注意是否存在喉痉挛,听诊双肺呼吸音是否正常一致。若后续无需经颈内静脉或隐动

脉抽血、输液、测血压,可拔除并加压包扎。动脉需使用纱布压迫后弹力绷带加压 6 h^[10]。待猪恢复活动稍躁动时,送回术后观察室继续观察。

1.3.9 术后护理

术后观察及处理是麻醉手术后必不可少的过程。(1)观察呼吸频率与幅度,听诊双侧呼吸音是否减弱,有无哮鸣音或湿罗音,排除呼吸机相关性肺损伤^[11]。(2)观察颈部及大腿血管穿刺处是否出血、血肿、红肿、发热,按时去除压迫动脉的弹力绷带,避免下肢缺血或者血栓形成。(3)留置的血管导管按时进行冲洗封管,保证管道通畅,穿刺点伤口消毒换药。(4)术后单笼饲养,避免导管脱落。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 27.0 统计软件进行数据分析;计量资料以平均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

20 头长白仔猪麻醉诱导前及插管稳定后相关生理指标监测如表 1 所示。麻醉时间约 2 h。气管插管及血管插管均成功,术中麻醉平稳,无死亡仔猪,术后无严重麻醉相关并发症。插管条件的 Cooper 评分情况见表 2。保留自主呼吸的气管插管中,10%的仔猪下颌能开放,70%呈松弛度中等,20%呈松弛度好。15%的仔猪声门呈收缩小状态,70%呈活动状态,15%呈打开状态。插管完成后,20%的仔猪轻微膈肌运动,80%无膈肌运动。Cooper 评分中插管条件处于一般的有 15%,良好的占 60%,优秀的占 25%。总的来说,本实验中仔猪插管条件较好。临床虚弱时间为(19.4 ± 2.6)s,直接喉镜观察时间为(65.2 ± 5.7)s。



图 3 仔猪吸氧面罩

Figure 3 Oxygen suction mask for piglets

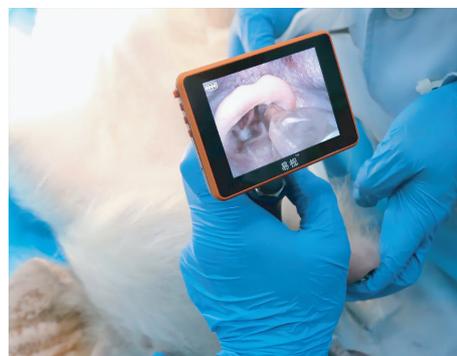


图 4 气管插管

Figure 4 Tracheal intubation

表 1 一般生理监测指标
Table 1 General physiological monitoring indicators

监测指标 Monitoring indicators	麻醉诱导前 Before anesthesia induction	插管稳定后 After stable intubation	正常参考范围 ^[12-13] Normal reference range
心率(次/min) Heart rate	119.75±4.78	111.15±6.60	55~60
呼吸频率(次/min) Respiratory rate	43.85±2.92	18	12~18
血氧饱和度(猪尾)(%) Oxygen saturation (pig tail)	96.90±0.85	98.60±1.09	95~100
额温(℃) Frontal temperature	39.38±0.70	39.16±0.76	/
肛温(℃) Anal temperature	39.62±0.68	39.32±0.74	38~40
隐动脉收缩压(mmHg) Saphenous artery systolic pressure	113.90±6.50	106.30±7.63	144~185
隐动脉舒张压(mmHg) Saphenous artery diastolic pressure	78.00±6.27	70.00±6.94	98~120
中心静脉压(颈内静脉)(cmH ₂ O) Central venous pressure (internal jugular vein)	8.85±1.97	8.15±1.94	/
呼吸末二氧化碳分压(mmHg) End respiratory carbon dioxide partial pressure	/	35.55±3.79	39.50±3.06
呼吸峰压(cmH ₂ O) Peak respiratory pressure	/	19.60±2.41	/

表 2 Cooper 评分的仔猪占比(%)
Table 2 Proportion of piglets with Cooper score

插管条件参数 Intubation condition parameters	Cooper 评分的仔猪占比(%) Proportion of piglets rated by Cooper			
	0	1	2	3
分数 Scores	0	1	2	3
下颌松弛度 Mandibular laxity	无 Impossible 0	可开放 Opens 10	中等 Moderate 70	容易 Easy 20
声带位置 Vocal cord position	完全关闭 Closed 0	部分关闭 Closing 15	活动 Moving 70	打开 Open 15
插管反应 Intubation response	严重咳嗽 Severe coughing 0	轻度咳嗽 Mild coughing 0	轻微膈肌运动 Slight diaphragm movement 20	无运动 No of movemen 80
总分 Total points	差 Poor (0~2) 0	一般 Fair (3~5) 15	良好 Good (6~7) 60	优秀 Excellent (8~9) 25

3 讨论

良好的麻醉方法是保证手术安全的前提。麻醉诱导期间容易出现反流和误吸,可能会导致严重的肺部感染或窒息,是麻醉相关并发症和死亡的原因之一。通过气管插管,可以有效保护全麻过程中的气道安全^[6]。麻醉诱导可使意识消失和气管插管间的时间缩短,最常用的方法是快速序列插管(rapid sequence intubation, RSI),以减少反流及误吸。RSI 需要使用神经肌肉阻滞剂(neuromuscular blockers)来快速达到合适的肌肉松弛水平,以获得可插管状态。非去极化神经肌肉阻滞剂(non-depolarizing neuromuscular blockers, nNMBs)在临床使用普遍,包括罗库溴铵、维库溴铵、顺式阿曲库铵等。nNMBs 是一种竞争性乙酰胆碱拮抗剂,通过结合突触后膜上的烟碱受体,来维持极化的运动终板,使肌肉麻痹。nNMBs 可使颌面部肌肉松弛,利于喉镜观察和声门显露,可快速完成插管,控制气道,防止反流和误吸^[14],在普通气管插管时经常使

用。但它同时阻断了呼吸肌功能,在达到插管状态时,机体已经处于较长的呼吸暂停状态,需人工辅助通气维持氧气供给。在困难气道插管中,呼吸暂停时长非常重要,关乎生命安全。医生在麻醉诱导的任何时间都需要密切关注血氧饱和度变化,评估机体氧合状态。若插管失败时可进行吸痰或吸除咽喉部渗血,注意氧饱和度,吸氧后再尝试下一次插管。

全身麻醉过程中的面罩通气是非插管状态维持机体正常肺泡通气功能的有效工具^[15]。猪的咽喉及气道解剖特点,具有困难气道特征。目前没有合适的吸氧麻醉面罩来实施手动控制通气、压力控制通气、压力控制容量保证通气等面罩通气方式^[16]来确保氧气供给。若使用神经肌肉阻滞剂后插管不成功,此时人工面罩辅助通气困难,几乎无法再次给氧,容易导致缺氧、窒息,极大威胁猪的生命安全。我们的解决办法是自制仔猪面罩加强诱导前氧气储备效率,诱导时保留自主呼吸仍可继续通气。虽然有报道指出不使用神经肌肉阻滞剂的

情况会增加喉镜暴露困难,使气管损伤概率增加^[17]。但清醒气管插管是应对困难气道的有效办法^[18],通过维持固有气道张力和自主呼吸,减少预先估计的困难气道发生严重不良反应的可能性^[19-20]。我们没有采用非去极化肌松药^[21]的快速序列诱导插管^[22]和清醒气管插管,而是采用了保留自主呼吸的气管插管^[23],确保困难气道插管的安全,保证实验用猪和整个实验的安全性。此法不同于清醒气管插管,不需要插管对象配合。助手一手按压下颌骨下方 3 cm 处环状软骨,降低声门利于插管,同时通过可视喉镜屏幕观察按压方向及力度,并及时调整。目前推荐 20~30 N,可有效压迫环状软骨,防止反流和误吸^[24],使用可视喉镜时 20 N 的环状软骨压力更优^[25]。我们通过麻醉前使用镇静药物,使仔猪既保留自主呼吸又耐受插管刺激;同时使用最常用的局部麻醉药利多卡因喷洒或雾化麻醉口腔咽喉部黏膜,降低插管应激^[26]。

采用 Cooper 评分来评估插管条件的质量,结果显示插管条件处于一般状态的仔猪占总数的 15%,良好的占 60%,优秀的占 25%。虽然采用罗库溴铵的无自主呼吸诱导气管插管 Cooper 评分能达到 100% 的优秀插管条件,但是使用保留自主呼吸的诱导气管插管,仍有较好的插管条件评分,同时有较短的临床虚弱时间,但直接喉镜检查时间较长^[8]。插管条件良好和较短的虚弱时间可能取决于麻醉前用药时,使用了具有镇静和肌肉松弛作用的咪达唑仑,在诱导阶段使用了具有麻醉和镇痛作用的氯胺酮以及快速起效的静脉麻醉药丙泊酚。它们与苯二氮草类药物并用时可增强效果并延长作用时间。丙泊酚起效快,但大剂量会对呼吸明显抑制,从而对保留自主呼吸的气管插管造成窒息的致命威胁,因此需使用既能耐受插管,又能保持足够通气功能的用量。氯胺酮及利多卡因的使用会增加猪对插管耐受性,并减少丙泊酚的使用量。插管成功后,罗库溴铵快速打断呼吸、丙泊酚及芬太尼维持麻醉、机控呼吸,将减少机体通气功能下降及对气管导管不耐受的概率。虽然我们使用的可视喉镜相对于 Macintosh 喉镜具有更高的首次尝试成功率、更短的喉镜检查时间、更好的声门暴露^[27],而且使麻醉医师(操作者)具有舒适的姿势观察咽喉。本实验中喉镜检查时间相对较长,可能是由于仔猪舌长大,口腔及喉部狭长,会厌肥大且紧贴后壁影响喉镜观察。

通过血管插管技术和实时监测,可及时调节麻醉深度、维持循环稳定,为手术操作提供平稳的麻醉状态,并且提供围手术期血液检测及补液的通

道。本实验采用 PVC 软管外露法^[28]穿刺置管,即将导管留 2~3 mm 在皮肤外,可减少并发症,提高留置时间^[29]。为防止导管滑脱、穿刺点渗血等并发症^[30],可将导管缝合固定于皮肤,纱布覆盖后,使用透明敷贴高举平抬固定。通过优化的血管穿刺方法和术后护理可延长血管通道使用时间、减少相关并发症。

相较于吸入麻醉、静吸复合麻醉,全凭静脉麻醉简单方便、管理容易、设备要求低、药物易获得、无污染,术后恶心、呕吐不良反应率低^[31],更适用于动物实验。总之,本实验中全凭静脉麻醉和保留自主呼吸的气管插管技术可安全的应用于仔猪开腹手术的全身麻醉。麻醉过程中各项生命体征稳定,可行多种血管插管和监测,麻醉安全性高。术后监测和护理,可避免相关并发症。本方法可为研究者对仔猪腹部手术的全身麻醉提供一种参考。

参考文献:

- [1] 高兴,陈为民. 麻醉下插管技术在医学实验小型猪手术中的应用[J]. 武汉大学学报(医学版), 2018, 39(3): 403-407.
- [2] 陈雨荣,安星兰,汪正铸,等. 猪作为人类疾病模型的研究进展[J]. 中国比较医学杂志, 2020, 30(7): 110-119.
- [3] 刘洪刚,卓美娟,聂洪鑫,等. 出血性休克动物选择与并发性疾病模型的研究进展[J]. 中国比较医学杂志, 2023, 33(1): 138-143.
- [4] 苏达,高利红. 实验动物伦理新原则的框架分析与我国相关立法发展方向[J]. 中国比较医学杂志, 2022, 32(11): 107-112.
- [5] 郑燕,厉旭云,高铃铃,等. 动物实验中贯彻动物福利的探讨[J]. 基础医学教育, 2022, 24(6): 431-435.
- [6] Reynolds SF, Heffner J. Airway management of the critically ill patient: rapid-sequence intubation [J]. Chest, 2005, 127(4): 1397-1412.
- [7] Cooper R, Mirakhur RK, Clarke RS, et al. Comparison of intubating conditions after administration of Org 9246 (rocuronium) and suxamethonium [J]. Br J Anaesth, 1992, 69(3): 269-273.
- [8] Čaušević S, Rizvanović N, Pojskić B. Comparison of intubation condition and the quality of muscle relaxation between rocuronium and vecuronium using timing principle [J]. Med Glas (Zenica), 2020, 17(1): 7-14.
- [9] Mazy A, Serry M, Kassem M. High-volume, multilevel local anesthetics-epinephrine infiltration in kyphoscoliosis surgery: intra and postoperative analgesia [J]. J Anaesthesiol Clin Pharmacol, 2021, 37(1): 73-78.
- [10] Chen HZ, Liang WS, Yao WF, et al. Compression methods after femoral artery puncture: a protocol for systematic review and network meta-analysis [J]. Medicine (Baltimore), 2021, 100(4): e24506.
- [11] Ajith Kumar AK, Anjum F. Ventilator-induced lung injury (VILI) [J]. StatPearls, 2022, 11: 1.
- [12] 陈华. 医学实验动物学 [M]. 北京: 军事医学科学出版

- 社; 2013.
- [13] 沈才福. 沙漠干热环境创伤失血性猪休克模型建立及病理生理研究 [D]. 石河子: 石河子大学, 2017.
- [14] 卢军杰, 胡晓亮, 李斌, 等. 常温贮存对女性患者罗库溴铵临床药效的影响 [J]. 中国药物与临床, 2020, 20(3): 383-384.
- [15] 代辉, 樊青珠, 李燕爽, 等. 鼻咽通气道通气和面罩通气对术前置入鼻胃管患者全身麻醉诱导期通气效果的影响 [J]. 中国实验诊断学, 2021, 25(7): 1020-1023.
- [16] 周旭华. 不同面罩通气模式在小儿麻醉诱导期中的应用价值分析 [J]. 数理医药学杂志, 2022, 35(7): 1082-1084.
- [17] Hunter JM. Optimising conditions for tracheal intubation: should neuromuscular blocking agents always be used? [J]. Br J Anaesth, 2018, 120(6): 1150-1153.
- [18] 文笛, 陈昌林, 万勇, 等. 清醒气管插管的局部麻醉方法应用进展 [J]. 中国医药科学, 2021, 11(24): 62-65, 76.
- [19] Cabrini L, Baiardo Redaelli M, Ball L, et al. Awake fiberoptic intubation protocols in the operating room for anticipated difficult airway: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. Anesth Analg, 2019, 128(5): 971-980.
- [20] Detsky ME, Jivraj N, Adhikari NK, et al. Will this patient be difficult to intubate: the rational clinical examination systematic review [J]. JAMA, 2019, 321(5): 493-503.
- [21] Clar DT, Liu M. Non-depolarizing neuromuscular blockers [J]. StatPearls, 2022, 11: 30521249.
- [22] Avery P, Morton S, Raitt J, et al. Rapid sequence induction: where did the consensus go? [J]. Scand J Trauma Resusc Emerg Med, 2021, 29(1): 64.
- [23] 张康聪, 李瑞钰, 胡浩翔, 等. 不同剂量右美托咪定联合七氟醚在肥胖患者保留自主呼吸气管插管中的应用效果比较 [J]. 北方药学, 2021, 18(7): 88-89.
- [24] Vanner RG, Asai T. Safe use of cricoid pressure [J]. Anaesthesia, 1999, 54(1): 1-3.
- [25] Komasa N, Kido H, Miyazaki Y, et al. Cricoid pressure impedes tracheal intubation with the Pentax-AWS Airwayscope®: a prospective randomized trial [J]. Br J Anaesth, 2016, 116(3): 413-416.
- [26] Ahmad I, El-Boghdady K, Bhagrath R, et al. Difficult airway society guidelines for awake tracheal intubation (ATI) in adults [J]. Anaesthesia, 2020, 75(4): 509-528.
- [27] Decamps P, Grillot N, Le Thuaut A, et al. Comparison of four channelled videolaryngoscopes to Macintosh laryngoscope for simulated intubation of critically ill patients: the randomized MACMAN₂ trial [J]. Ann Intensive Care, 2021, 11(1): 126.
- [28] 张丽敏, 李红贺, 郑玲玲. 外周静脉留置针软管外露长度增加的临床效果研究 [J]. 护理管理杂志, 2021, 21(9): 639-643.
- [29] Gorski LA, Hadaway L, Hagle ME, et al. Infusion therapy standards of practice, 8th edition [J]. J Infus Nurs, 2021, 44(1): S1-S224.
- [30] 李美娟. 外周静脉留置针透明贴膜非计划更换原因及对策 [J]. 中国城乡企业卫生, 2020, 35(2): 128-129.
- [31] Ahmed MM, Tian C, Lu J, et al. Total intravenous anesthesia versus inhalation anesthesia on postoperative analgesia and nausea and vomiting after bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis [J]. Asian J Anesthesiol, 2021, 59(4): 135-151.

[收稿日期]2022-10-31

(上接第 68 页)

- [11] 周冬根, 罗洁, 陈健骅, 等. 中东呼吸综合征冠状病毒 RT-RAA 快速检测方法的建立及应用 [J]. 病毒学报, 2018, 34(1): 45-51.
- [12] 吕蓓, 程海荣, 严庆丰, 等. 用重组酶介导扩增技术快速扩增核酸 [J]. 中国科学(生命科学), 2010, 40(10): 983-988.
- [13] Müller K, Ehlers S, Solbach W, et al. Novel multi-probe RNase protection assay (RPA) sets for the detection of murine chemokine gene expression [J]. J Immunol Methods, 2001, 249(1-2): 155-165.
- [14] 吴江, 林彦星, 黄超华, 等. 猪圆环病毒 3 型 RAA 检测方法的建立及初步应用 [J]. 中国兽医科学, 2021, 51(11): 1348-1354.
- [15] 秦川. 中国实验动物学会团体标准汇编及实施指南 第二卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [16] Gemmell DK, Mack A, Wegmann S, et al. Efficacy of minute virus of mice (MVM) inactivation utilizing high temperature short time (HTST) pasteurization and suitability assessment of pasteurized, concentrated glucose feeds in Chinese hamster ovary (CHO) cell expression systems [J]. Eng Life Sci, 2021, 21(7): 502-513.
- [17] 王静, 袁文, 闵凡贵, 等. 实验动物病原 PCR 检测方法系列团体标准的编制 [J]. 中国比较医学杂志, 2019, 29(3): 60-66.
- [18] 潘金春, 罗银珠, 吴瑞可, 等. 小鼠感染细小病毒的临床特征分析 [J]. 中国实验动物学报, 2017, 25(1): 64-69.
- [19] Redig AJ, Besselsen DG. Detection of rodent parvoviruses by use of fluorogenic nuclease polymerase chain reaction assays [J]. Comp Med, 2001, 51(4): 326-331.
- [20] Wang KW, Chueh LL, Wang MH, et al. Multiplex polymerase chain reaction assay for the detection of minute virus of mice and mouse parvovirus infections in laboratory mice [J]. Lab Anim, 2013, 47(2): 116-121.
- [21] Eid C, Santiago JG. Assay for *Listeria monocytogenes* cells in whole blood using isotachopheresis and recombinase polymerase amplification [J]. Analyst, 2016, 142(1): 48-54.
- [22] 倪碧娟, 吴小珉, 刘燕红, 等. 重组酶介导的隐孢子虫属特异性等温核酸扩增方法的建立及评价 [J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2019, 31(4): 388-392, 399.
- [23] Zhao J, Ao C, Wan Z, et al. A point-of-care rapid HIV-1 test using an isothermal recombinase-aided amplification and CRISPR Cas12a-mediated detection [J]. Virus Res, 2021, 303: 198505.
- [24] Wu H, Chen Y, Yang Q, et al. A reversible valve-assisted chip coupling with integrated sample treatment and CRISPR/Cas12a for visual detection of *Vibrio parahaemolyticus* [J]. Biosens Bioelectron, 2021, 188: 113352.
- [25] Wang X, Zhou S, Chu C, et al. Dual methylation-sensitive restriction endonucleases coupling with an RPA-assisted CRISPR/Cas13a system (DESCS) for highly sensitive analysis of DNA methylation and its application for point-of-care detection [J]. ACS Sens, 2021, 6(6): 2419-2428.
- [26] Gootenberg JS, Abudayyeh OO, Lee JW, et al. Nucleic acid detection with CRISPR-Cas13a/C2c2 [J]. Science, 2017, 356(6336): 438-442.

[收稿日期]2022-12-22