

孙刚强,郭文俊. 大鼠气管插管方法研究进展 [J]. 中国比较医学杂志, 2019, 29(12): 116-121.
Sun GQ, Guo WJ. Progress in methods for endotracheal intubation in rats [J]. Chin J Comp Med, 2019, 29(12): 116-121.
doi: 10.3969/j.issn.1671-7856. 2019. 12. 018

大鼠气管插管方法研究进展

孙刚强,郭文俊*

(皖南医学院附属弋矶山医院麻醉科,安徽 芜湖 241001)

【摘要】 大鼠是实验室常用的实验动物,在需要机械通气辅助呼吸的大鼠基础实验研究中,建立稳定的人工气道控制呼吸是实验成功的前提。简单、安全、可靠的气道管理能为实验室研究提供更多的便利,同时也是实验动物的福利。本文通过对近年来大鼠气管插管的方法、影响因素和评价方法的研究和应用现状作一综述并探索出一套简单、安全、可靠的气道管理策略。

【关键词】 大鼠;气管插管;机械通气
【中图分类号】 R-33 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-7856(2019) 12-0116-06

Progress in methods for endotracheal intubation in rats

SUN Gangqiang, GUO Wenjun*

(Department of Anesthesiology, Wannan Medical College, Yijishan Hospital, Wuhu 241001, China)

【Abstract】 Rats are commonly used animals in laboratory experiments. In any study of rats that involves mechanical ventilation to assist and control respiration, the establishment of a stable artificial airway is a prerequisite for the success of experiments. Simple, safe and reliable airway management adds an element of convenience to the laboratory research, and also improves the welfare of the laboratory animals. This review of endotracheal intubation in rats summarizes recent research and applications of the method ology, influential factors and evaluation method , and explores a set of simple, safe and reliable airway management strategies.

【Keywords】 rats; endotracheal intubation; mechanical ventilation

用于实验室实验的大鼠和小鼠占有所有哺乳动物种类总数的 90% 以上,在包括成像^[1-4]和长期手术^[5-8]等生物医学研究中,大鼠的数量仅次于小鼠。大鼠是国际通用的标准化实验动物,在多种医学、生物学实验研究中应用广泛^[9]。在许多大鼠开胸手术^[10]、肺病心脏病模型^[11-13]等研究中需要机械通气辅助呼吸,而建立稳定的人工气道控制呼吸是实验成功的前提。由于大鼠自身的解剖学特点,如呼吸频率较快、口腔狭小以及声门位置较高,导致插管时声门暴露困难,容易造成喉痉挛、喉水肿、气管穿孔、出血和分泌物过多阻塞气管导致窒息等并

发症。因此多年来许多科研工作者在大鼠气管插管方法和工具上做了大量的研究和改进,本文通过介绍大鼠气管插管的方法、影响因素和评价方法新的进展,对大鼠气管插管近年的研究和应用现状作一综述并探索出一套简单、安全、可靠的气道管理策略。

1 大鼠气管插管方法分类

1.1 有创气管插管方法

有创气管插管方法即气管切开插管法,对实验动物创伤较大,可能导致实验动物感染,甚至死亡,

[作者简介] 孙刚强(1992—),男,硕士研究生,主要从事麻醉与应激临床和基础研究。E-mail:sgq905922681@163.com
[通信作者] 郭文俊(1969—),男,硕士,主任医师,副教授,硕士生导师,主要从事麻醉与应激临床和基础研究。E-mail:gwj8581@sina.com

不利于后续的实验研究,因此较多应用于急性动物实验。Gulati 等^[14]采用了一种逆行联合入路的气管插管方法,将麻醉后的大鼠固定,颈部备皮,用手指放于喉部皮肤上可触摸气管的位置,在颈部中线的腹侧开一个 10 mm 的小切口,用锋利的刀刃解剖组织平面,以显示气管。切开术后,用尖针(80×38 mm)在气管前壁形成一个小孔,将导丝的软端向头端插入气管。当钢丝尖端在口腔出现时,用钳子将其夹住并用手握住,从口腔中拔出,直到只有一段钢丝通过气管开口突出为止,将一根静脉导管穿过导丝,从口中进入气管,直到到达气管外开口,然后小心地取下导丝,并将气管导管连接到动物呼吸机。所有大鼠气管插管均成功,无气管插管相关死亡,但整个气管插管过程达 20 min 左右。晋金兰等^[15]采用逆行牵引改良气管插管法提高大鼠心肌梗死模型造模成功率。逆行牵引改良气管插管法建立大鼠人工气道的成功率明显高于传统的经口气管插管法(100% vs 85%),且心肌梗死模型造模成功率也高于经口插管组(76.7% vs 65.0%)。王凯等^[16]通过消毒大鼠颈部,纵行切口,逐层剪开颈部皮肤肌层及筋膜,游离甲状腺及周围组织并分开颈前肌群,即可见白色的气管,采用气管切开插管法建立大鼠间质性肺病模型。陈铭坚等^[17]对一次性硬膜外导管气管切开插管留置模型进行了改良,改良后的方法更加简便且脱管率低。通过比较,改良后硬膜外导管气管切开插管留置术大鼠的实验成功率明显高于传统气管切开插管留置术(96% vs 8%)。有创气管插管方法耗时较长,且操作过程复杂繁琐,对实验人员有较高的技术操作要求。其次,有创气管插管本身就会对大鼠造成伤害,增加了感染率和死亡率,不利于长期实验的研究。除此之外,对于需要检测炎性因子的实验研究,有创气管插管引起的创伤增加了非实验因素,造成实验结果的偏倚。

1.2 无创气管插管方法

1.2.1 盲插法

大鼠气管插管盲插法即将麻醉后的大鼠仰卧固定于气管插管操作台后,用丝线固定大鼠上切牙向后牵拉固定使头后仰,然后左手持无齿镊钳夹住大鼠的舌头从左嘴角牵拉出口腔,此时右手进行气管插管操作。一般情况下,当感觉到气管导管触及气管时有轻微的阻力感及摩擦感即可视为气管插管成功。若气管导管无明显阻力及异常感觉,插入

约 2 cm 后,即可判断进入食管,此时将导管回撤约 0.5 cm,再向上微微挑起,再次缓慢插入即可成功^[16]。气管盲插法成功率较低,增加了插管的次数,且如果操作不当可能会造成会厌部的损伤、气道痉挛及喉头水肿等引起窒息死亡,同样会影响实验的结果。

1.2.2 导引钢丝引导法

此方法与盲插法相似,但导引钢丝引导法通常需要结合其他喉镜来提供光线视野,所以其实为直视下的操作。大鼠麻醉后固定,利用导引钢丝通过声门后将气管导管穿过导引钢丝直至通过声门再退出导引钢丝。Proctor 等^[18]就利用此方法结合鼻镜制成的微型喉镜,在微型喉镜提供的视野下,直视给大鼠完成气管内插管。同样,Weksler 等^[19]利用耳镜放入麻醉固定后大鼠的口腔提供操作视野,再结合导引钢丝的置入顺利的完成气管内的插管。Samsamshariat 等^[20]利用 0.035 英寸的直尖钢丝结合婴儿喉镜对 70 只大鼠进行气管内插管,所有大鼠气管内插管均成功,无并发症发生及死亡。导引钢丝引导插管与传统的盲插法在插管成功率方面差异并无显著差异,但由于导引钢丝与气管导管相比较更加柔软,因此能够减少插管所致咽喉部损伤。

1.2.3 经颈透照插管法

该方法是通过在颈部腹侧表面放置一个高强度冷光源,对老鼠的颈部进行透射照明,使用镊子将舌头轻轻向上拉至下牙齿侧面,并将钳子一侧的扁平内表面放在舌头的下端,高强度冷光源的光线可透过大鼠下颌部皮肤和肌肉照亮大鼠喉部,并能清楚见到大鼠气道口随着大鼠呼吸开启与闭合,这时可在大鼠吸气相将气管导管插入气道^[21]。Rendell 等^[22]将该方法应用于大鼠胸腺切除术的实验研究中,从大鼠插管装置放置至建立通气的平均插管时间为(45±5) s,24 只大鼠手术后完全恢复,术后第 14 天没有呼吸困难或出血的迹象。叶明霞等^[9]也同样用该方法与经额镜辅助插管法进行了比较,结果表明此法的插管操作时间、插管次数、一次插管成功率均优于后者,拔管 1 周后的存活率比较差异无统计学意义。目前此方法应用广泛,设备要求简单,经济适用,操作者通过简单训练后能够熟练的掌握,在许多文献中都有所提及^[9,16,23-25]。

1.2.4 喉镜辅助插管法

此方法需要借助气管插管喉镜,在喉镜暴露声门和会厌后,直视下行气管插管。Schaefer 等^[26]利

用了型号为 0 的婴儿喉镜片对麻醉后的大鼠行气管内插管,喉镜能够提供清晰的光线视野使得 95% 以上的大鼠顺利快速完成气管内插管且没有并发症。Hey 等^[27]在前人的基础上对婴儿的 Magill 喉镜的镜片进行了修改,将镜片尖的初始宽度 1.0 cm 改为 0.65 cm,从顶端到悬雍垂的距离 2.2 cm 改为 3.4 cm。使用改良的直刃 Magill 喉镜插管 180~250 g 大鼠,取得了成功。如前所述 Samsamshariat 等^[20]将婴儿喉镜结合导引钢丝的方法顺利的对大鼠进行气管内插管,插管成功率为 100% 且无并发症。Vongerichten 等^[28]设计了一种用 3D 打印机和聚乳酸纤维材料打印喉镜片的方法,并用打印的喉镜片成功地给 35 只大鼠插管,插管时间大约在三分钟以内,并且没有误插入食道,在实验期间未发生通气困难。喉镜辅助插管法与传统的插管方法相比较能够更好的暴露会厌和声门,且符合传统的插管习惯,能够提高气管插管一次成功率,降低了操作难度。由于大鼠的口腔解剖特点与人体存在较大的差异,而借助的喉镜大都是自制的非专业工具,因此近年来致力于适合大鼠口腔解剖特点的喉镜研发比较活跃。

1.2.5 可视喉镜辅助法

大鼠口腔空间狭小,操作时声门暴露困难,可视喉镜的使用可以给气管插管带来较好的光线和清晰开阔的视野,是较为理想的大鼠气管插管方法。Fuentes 等^[29]利用德国 Karl Storz 内窥镜显示会厌、声带及声门后对大鼠进行气管插管,在对 10~15 只“练习”动物进行了实验后,操作人员的总成功率在 80%~90% 之间。Clary 等^[30]利用 Stryker 内窥镜对 60 只大鼠行气管插管,气管内插管一般在 1 min 内完成,血氧饱和度和脉搏率均维持在预期范围内,所有大鼠气管插管均成功,无并发症。Konno 等^[31-32]利用“TESALA AE-C1”内窥镜系统分别对 12 只大鼠和 10 只小鼠行气管内插管。大鼠 1 min 内全部插管成功,插管时间在 12~45 s 左右,生命体征正常稳定,此外,气管和肺的组织病理学观察显示无损伤。小鼠插管时间在 10~60 s 左右,同样全部插管成功且生命体征平稳。米睿等^[33]使用国产 USB 内镜进行气管插管与经口明视插管方法相比较,前者的插管操作时间、插管次数、一次插管成功率、呕吐反射次数、窒息次数均优于后者。龚廷等^[23]通过将发光挖耳勺改制成可视喉镜对 20 只大鼠行气管内插管,其插管时间和插管次数均优于经

颈透照插管法,且一次插管成功率达 95%。可视喉镜的使用可以完全看清大鼠咽喉部声门的解剖结构,在可视喉镜的引导下将气管导管送入声门,可以大大提高一次插管成功率,且对大鼠咽喉部损伤较小。通过不断的研究和改进,越来越多适用大鼠口腔解剖结构的可视化喉镜应用于大鼠气管插管,大大的降低气管插管的难度,且操作者通过练习后就能够娴熟的应用。但此方法对设备和技术水平的要求较高且设备携带不便,从而限制了在动物实验气管插管中推广应用。

1.2.6 其他

由于大鼠口腔狭小,喉镜等设备置入相对困难,通过扩大插管操作空间和外来光源提供视野,也可以提高一次插管成功率和缩短插管时间,如光导纤维辅助插管^[34-36]和口咽插管楔^[37-38]的应用。此类工具结合其他合适的插管方法能够取得良好的辅助效果,值得在大鼠气管插管中推广。

1.3 非气管插管方法

气管内插管是大鼠正压通气所必需的,各种大鼠气管内插管的设备和技术在上述中有所提及,然而大鼠气管内插管在技术上是困难的,并且与许多并发症有关,其可能会增加实验误差,影响实验结果。Rindfield 等^[39]将改良的通气鼻锥置于大鼠鼻子上方,允许其不需要气管内插管,对 500 只大鼠的长期实验中,没有遇到致命的事件,也没有发病,因此认为该方法可有效地在胸腹部手术过程中对动物进行通气而不需要气管内插管。另外, Cheong 等^[40]比较了国产声门上气道装置 (supraglottic airway device, SAD) 在安氟醚麻醉大鼠气管插管中的应用效果。20 只大鼠分别用 SAD 或气管内插管进行正压机械通气。每只大鼠颈动脉插管,连续测量血压,获取血样,测定 SAD 放置或气管插管前后的氧分压、二氧化碳分压和血酸碱度。放置 SAD 的大鼠、放置 SAD 和立即摘除 SAD 的大鼠、通过 SAD 机械通气的大鼠和摘除 SAD 的大鼠均未发生并发症和不良事件,证实了麻醉后的大鼠可以成功地使用 SAD 进行开胸手术。放置 SAD 比气管内导管对喉部的刺激小,不刺激气管,消除了气管内插管的困难和并发症,然而,气管内或支气管内手术仍需气管内插管,如气管内或支气管内灌注药物或支气管肺泡灌洗^[41-42]。声门上气道装置最大的缺点可能就是不能够完全防止胃内容物的误吸。另外,相比较气管内插管,非气管插管方法建立的人工气道

用了型号为 0 的婴儿喉镜片对麻醉后的大鼠行气管内插管,喉镜能够提供清晰的光线视野使得 95% 以上的大鼠顺利快速完成气管内插管且没有并发症。Hey 等^[27]在前人的基础上对婴儿的 Magill 喉镜的镜片进行了修改,将镜片尖的初始宽度 1.0 cm 改为 0.65 cm,从顶端到悬雍垂的距离 2.2 cm 改为 3.4 cm。使用改良的直刃 Magill 喉镜插管 180~250 g 大鼠,取得了成功。如前所述 Samsamshariat 等^[20]将婴儿喉镜结合导引钢丝的方法顺利的对大鼠进行气管内插管,插管成功率为 100% 且无并发症。Vongerichten 等^[28]设计了一种用 3D 打印机和聚乳酸纤维材料打印喉镜片的方法,并用打印的喉镜片成功地给 35 只大鼠插管,插管时间大约在三分钟以内,并且没有误插入食道,在实验期间未发生通气困难。喉镜辅助插管法与传统的插管方法相比较能够更好的暴露会厌和声门,且符合传统的插管习惯,能够提高气管插管一次成功率,降低了操作难度。由于大鼠的口腔解剖特点与人体存在较大的差异,而借助的喉镜大都是自制的非专业工具,因此近年来致力于适合大鼠口腔解剖特点的喉镜研发比较活跃。

1.2.5 可视喉镜辅助法

大鼠口腔空间狭小,操作时声门暴露困难,可视喉镜的使用可以给气管插管带来较好的光线和清晰开阔的视野,是较为理想的大鼠气管插管方法。Fuentes 等^[29]利用德国 Karl Storz 内窥镜显示会厌、声带及声门后对大鼠进行气管插管,在对 10~15 只“练习”动物进行了实验后,操作人员的总成功率在 80%~90% 之间。Clary 等^[30]利用 Stryker 内窥镜对 60 只大鼠行气管插管,气管内插管一般在 1 min 内完成,血氧饱和度和脉搏率均维持在预期范围内,所有大鼠气管插管均成功,无并发症。Konno 等^[31-32]利用“TESALA AE-C1”内窥镜系统分别对 12 只大鼠和 10 只小鼠行气管内插管。大鼠 1 min 内全部插管成功,插管时间在 12~45 s 左右,生命体征正常稳定,此外,气管和肺的组织病理学观察显示无损伤。小鼠插管时间在 10~60 s 左右,同样全部插管成功且生命体征平稳。米睿等^[33]使用国产 USB 内镜进行气管插管与经口明视插管方法相比较,前者的插管操作时间、插管次数、一次插管成功率、呕吐反射次数、窒息次数均优于后者。龚廷等^[23]通过将发光挖耳勺改制成可视喉镜对 20 只大鼠行气管内插管,其插管时间和插管次数均优于经

颈透照插管法,且一次插管成功率达 95%。可视喉镜的使用可以完全看清大鼠咽喉部声门的解剖结构,在可视喉镜的引导下将气管导管送入声门,可以大大提高一次插管成功率,且对大鼠咽喉部损伤较小。通过不断的研究和改进,越来越多适用大鼠口腔解剖结构的可视化喉镜应用于大鼠气管插管,大大的降低气管插管的难度,且操作者通过练习后就能够娴熟的应用。但此方法对设备和技术水平的要求较高且设备携带不便,从而限制了在动物实验气管插管中推广应用。

1.2.6 其他

由于大鼠口腔狭小,喉镜等设备置入相对困难,通过扩大插管操作空间和外来光源提供视野,也可以提高一次插管成功率和缩短插管时间,如光导纤维辅助插管^[34-36]和口咽插管楔^[37-38]的应用。此类工具结合其他合适的插管方法能够取得良好的辅助效果,值得在大鼠气管插管中推广。

1.3 非气管插管方法

气管内插管是大鼠正压通气所必需的,各种大鼠气管内插管的设备和技术在上述中有所提及,然而大鼠气管内插管在技术上是困难的,并且与许多并发症有关,其可能会增加实验误差,影响实验结果。Rindfield 等^[39]将改良的通气鼻锥置于大鼠鼻子上方,允许其不需要气管内插管,对 500 只大鼠的长期实验中,没有遇到致命的事件,也没有发病,因此认为该方法可有效地在胸腹部手术过程中对动物进行通气而不需要气管内插管。另外, Cheong 等^[40]比较了国产声门上气道装置 (supraglottic airway device, SAD) 在安氟醚麻醉大鼠气管插管中的应用效果。20 只大鼠分别用 SAD 或气管内插管进行正压机械通气。每只大鼠颈动脉插管,连续测量血压,获取血样,测定 SAD 放置或气管插管前后的氧分压、二氧化碳分压和血酸碱度。放置 SAD 的大鼠、放置 SAD 和立即摘除 SAD 的大鼠、通过 SAD 机械通气的大鼠和摘除 SAD 的大鼠均未发生并发症和不良事件,证实了麻醉后的大鼠可以成功地使用 SAD 进行开胸手术。放置 SAD 比气管内导管对喉部的刺激小,不刺激气管,消除了气管内插管的困难和并发症,然而,气管内或支气管内手术仍需气管内插管,如气管内或支气管内灌注药物或支气管肺泡灌洗^[41-42]。声门上气道装置最大的缺点可能就是不能够完全防止胃内容物的误吸。另外,相比较气管内插管,非气管插管方法建立的人工气道

有脱落的可能,属于不稳定气道,这也是其缺点之一。

2 大鼠气管插管的影响因素

由于大鼠呼吸频率较快、口腔狭小、声门位置较高等解剖特点,插管时声门暴露困难,操作不当容易造成喉痉挛、喉水肿、气管穿孔、出血和窒息等并发症,都可能影响气管插管的时间、成功率和生存率等。

影响大鼠气管插管效果和安全的可能因素:

(1)麻醉深度:麻醉过深会导致大鼠呼吸急促甚至呼吸抑制,气管插管允许时间缩短,如果短时间不能够完成气管插管就可能因呼吸抑制而导致大鼠死亡。而麻醉过浅则气管插管操作时会出现强烈的应激反应,口腔分泌物增加、喉痉挛、喉水肿和声门紧闭等而导致窒息死亡。所以麻醉深度要适宜:翻正反射消失、呼吸频率减缓、胸廓起伏度减弱、足趾刺激反应减弱或消失、咽喉反射消失等可视为麻醉深度合适。(2)插管体位:将大鼠的上切牙固定在手术板边缘,手术板抬高倾斜 45° ,保持大鼠头和颈背部在同一水平位,尽可能使口轴线、咽轴线和喉轴线接近重叠,这样的位置有利于显露声门和进行插管操作^[9],也可自制气管插管操作台^[25]。(3)呼吸道情况:麻醉药物以及插管操作的刺激都会使咽喉部分泌物增加,而阿托品可有效减少咽喉部分泌物,此外用棉签轻拭大鼠喉部既可去除咽喉部黏液,又可测试其喉部是否存在呛咳反射,以便掌握合适插管时机^[9,25]。(4)气管导管的选择:应根据大鼠的体重选择合适的气管导管,一般来说,14G 静脉留置针适合 300 g 以上大鼠,16G 静脉留置针适合 300 g 以下大鼠^[43]。(5)插管方法的选择:一般操作视野清晰、光线充足的插管方法一次插管成功率较高,如果条件允许的情况下应选择可视化的气管插管方法。

3 大鼠气管插管成功的评价方法

(1)气管导管内有随呼吸所致的“白雾样”变化;(2)将一玻片放置在导管口处观察是否有水蒸气凝结;(3)将一纤毛放置导管口随呼出气流而摆动;(4)“皮球”打气观察胸廓动度及双侧是否对称^[25];(5)接呼吸机后观察胸廓是否规律对称起伏^[44];(6)导管内注入盐水形成水柱,观察水柱是否随呼吸摆动^[16];(7)气管插管定位评估防逆流装

置^[24];(8)CR 机拍摄正侧位片判断气管导管是否存在气管中;(9)监测大鼠 PetCO_2 (呼气末二氧化碳分压)。判断大鼠气管插管成功的方法较多,可根据实验室的条件进行选择,需要强调的是 PetCO_2 测得可视为气管插管成功的“金标准”。

4 气道管理策略

近年来大鼠气管插管的方法、影响因素和评价方法的研究和应用在前人的基础有了许多新的进展,本文就现状进行总结,希望能够探索出一套简单、安全、可靠的气道管理策略,为实验室研究提供更多的便利。综上可得,就目前研究的技术设备水平而言,大鼠机械通气方法主要可分为非气管插管机械通气方法和气管插管机械通气方法。(1)对于非胸部手术和操作以及无胃内容反流误吸风险的实验研究,优选非气管插管的机械通气方法,如声门上气道装置喉罩的应用;若实验设备条件限制,可选择改良的通气鼻锥。(2)对于胸部手术和操作以及有胃内容反流误吸风险的实验研究,优选可视喉镜辅助气管插管的方法;若实验设备条件限制,可选经颈透照插管法和一般喉镜辅助气管插管法,次选导引钢丝引导法。(3)对于需要建立长期的气管切开插管留置术大鼠模型的研究,可选择改良后硬膜外导管气管切开插管留置术。另外,良好的麻醉,适当的插管体位,呼吸道的检查以及选择合适的气管导管等都能够提高气管插管的效率和安全系数。对于气管插管成功的评价方法众多,首选 PetCO_2 (呼气末二氧化碳分压)监测,次选气管插管定位评估防逆流装置和 CR 机拍摄,若实验条件限制,可选导管内注水法或者玻片水蒸气凝结等相对直观的方法。

5 结语

大鼠是实验室常用的实验动物,在需要机械通气辅助呼吸的大鼠基础实验研究中,建立稳定的人工气道有时是实验成败的关键一步。多年来大鼠气管插管的方法在不断的改进,从最初的有创气管插管到无创气管插管,从盲插法到可视化气管插管,都是致力于提高气管插管的效率以及安全系数。插管方法和技术设备的革新很大程度上降低了实验动物的气管插管难度,为动物实验带来便利从而提高实验的质量减少实验误差,同时也是实验动物的福利。

参考文献:

- [1] Alf MF, Duarte JM, Lei H, et al. MRS glucose mapping and PET joining forces: re-evaluation of the lumped constant in the rat brain under isoflurane anaesthesia [J]. *J Neurochem*, 2014, 129(4): 672-682.
- [2] Nasrallah FA, Lew SK, Low AS, et al. Neural correlate of resting-state functional connectivity under alpha2 adrenergic receptor agonist, medetomidine [J]. *Neuroimage*, 2014, 84: 27-34.
- [3] Agudelo CA, Tachibana Y, Hurtado AF, et al. The use of magnetic resonance cell tracking to monitor endothelial progenitor cells in a rat hindlimb ischemic model [J]. *Biomaterials*, 2012, 33(8): 2439-2448.
- [4] Shimamura M, Sato N, Sata M, et al. Delayed postischemic treatment with fluvastatin improved cognitive impairment after stroke in rats [J]. *Stroke*, 2007, 38(12): 3251-3258.
- [5] Hata T, Uemoto S, Fujimoto Y, et al. Transplantation of engineered chimeric liver with autologous hepatocytes and xenobiotic scaffold [J]. *Ann Surg*, 2013, 257(3): 542-547.
- [6] Miki K, Uenaka H, Saito A, et al. Bioengineered myocardium derived from induced pluripotent stem cells improves cardiac function and attenuates cardiac remodeling following chronic myocardial infarction in rats [J]. *Stem Cells Transl Med*, 2012, 1(5): 430-437.
- [7] Iwai S, Kikuchi T, Kasahara N, et al. Impact of normothermic preservation with extracellular type solution containing trehalose on rat kidney grafting from a cardiac death donor [J]. *PLoS One*, 2012, 7(3): e33157.
- [8] Matsumoto K, Yokoo T, Matsunari H, et al. Xenotransplanted embryonic kidney provides a niche for endogenous mesenchymal stem cell differentiation into erythropoietin-producing tissue [J]. *Stem Cells*, 2012, 30(6): 1228-1235.
- [9] 叶明霞, 孔利佳. 直视下行大鼠气管插管的方法比较 [J]. *中国比较医学杂志*, 2013, 23(3): 49-52, 83.
- [10] 许果, 赵兴吉, 向小勇, 等. 大鼠左全肺切除促进肺血管重塑 [J]. *中国实验动物学报*, 2015, 23(4): 415-419.
- [11] 丁军颖, 高翔, 洪燕英, 等. 不同感染途径致大鼠肺炎模型制备的比较 [J]. *中国实验动物学报*, 2017, 25(6): 600-604.
- [12] 张卫强, 王涛, 张志明, 等. 大鼠心肌缺血再灌注损伤模型的改进与评判 [J]. *中国实验动物学报*, 2018, 26(3): 311-316.
- [13] 唐烽, 安庆宝, 付守芝, 等. 大鼠机械式胸外按压心肺复苏模型的建立 [J]. *中国实验动物学报*, 2016, 24(6): 632-638.
- [14] Gulati GS, Verma H, Hote MP, et al. Combined retrograde-antegrade approach: a novel technique for endotracheal intubation in rats [J]. *Curr Sci India*, 2011, 100(7): 1060.
- [15] 晋金兰, 韦建瑞, 郭健, 等. 逆行牵引改良气管插管法提高大鼠心肌梗死模型成功率 [J]. *中国动脉硬化杂志*, 2015, 23(6): 573-578.
- [16] 王凯, 程路, 宋远园, 等. 不同气管插管方法建立大鼠间质性肺炎模型的比较 [J]. *徐州医学院学报*, 2016, 36(7): 455-458.
- [17] 陈铭坚, 彭玲玲, 邓淑蓉, 等. 两种气管切开插管留置大鼠模型比较 [J]. *湖北科技学院学报(医学版)*, 2017, 31(1): 6-8, 93.
- [18] Proctor E, Fernando AR. Oro-endotracheal intubation in the rat [J]. *Br J Anaesth*, 1973, 45(2): 139-142.
- [19] Weksler B, Ng B, Lenert J, et al. A simplified method for endotracheal intubation in the rat [J]. *J Appl Physiol* (1985), 1994, 76(4): 1823-1825.
- [20] Samsamshariat SA, Movahed MR. Using a 0.035-in. straight-tip wire and a small infant laryngoscope for safe and easy endotracheal intubations in rats for cardiovascular research [J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2005, 6(4): 160-162.
- [21] 李亚辉, 何建国, 乔木, 等. 直视下行大鼠气管插管的改良方法 [J]. *中国实验动物学杂志*, 2000, 10(2): 62-64.
- [22] Rendell VR, Giamberardino C, Li J, et al. Complete thymectomy in adult rats with non-invasive endotracheal intubation [J]. *J Vis Exp*, 2014, 94: e52152.
- [23] 龚廷, 薛佩彤, 张振. 异氟醚全凭吸入诱导下大鼠经口气管插管的方法比较 [J]. *实验动物科学*, 2018, 35(4): 71-73, 78.
- [24] 鲍礼智, 朱玉峰, 姜梦妮, 等. 经口气管插管的定位评估防逆流装置的设计与效用评价 [J]. *中国比较医学杂志*, 2017, 27(8): 70-74.
- [25] 孙龙, 池一凡, 孙忠东, 等. 成年大鼠气管插管方法的改良 [J]. *中国比较医学杂志*, 2008, 18(6): 63-64, 86.
- [26] Schaefer CF, Brackett DJ, Downs P, et al. Laryngoscopic endotracheal intubation of rats for inhalation anesthesia [J]. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 1984, 56(2): 533-535.
- [27] Hey VM, Pleuvry BJ. Oro-endotracheal intubation in the rat [J]. *Br J Anaesth*, 1973, 45(7): 732.
- [28] Vongerichten A, Aristovich K, Dos Santos GS, et al. Design for a three-dimensional printed laryngoscope blade for the intubation of rats [J]. *Lab Anim (NY)*, 2014, 43(4): 140-142.
- [29] Fuentes JM, Hanly EJ, Bachman SL, et al. Videoendoscopic endotracheal intubation in the rat: a comprehensive rodent model of laparoscopic surgery [J]. *J Surg Res*, 2004, 122(2): 240-248.
- [30] Clary EM, O'Halloran EK, De la Fuente SG, et al. Videoendoscopic endotracheal intubation of the rat [J]. *Lab Anim*, 2004, 38(2): 158-161.
- [31] Konno K, Shiotani Y, Itano N, et al. Visible, safe and certain endotracheal intubation using endoscope system and inhalation anesthesia for rats [J]. *J Vet Med Sci*, 2014, 76(10): 1375-1381.
- [32] Konno K, Itano N, Ogawa T, et al. New visible endotracheal intubation method using the endoscope system for mice inhalational anesthesia [J]. *J Vet Med Sci*, 2014, 76(6): 863

-868.

[33] 米睿, 杨帆, 李彤. 内窥镜在大鼠气管插管中的应用 [J]. 中国比较医学杂志, 2015(5): 47-50.

[34] Rivera B, Miller S, Brown E, et al. A novel method for endotracheal intubation of mice and rats used in imaging studies [J]. Contemp Top Lab Anim Sci, 2005, 44(2): 52-55.

[35] Thet LA. A simple method of intubating rats under direct vision [J]. Lab Anim Sci, 1983, 33(4): 368-369.

[36] Hranicka LJ, Moy SK, Funahashi A. Fiberoptic laryngoscope for small laboratory animals [J]. Lab Anim Sci, 1977, 27(6): 1004-1006.

[37] Na N, Zhao DQ, Huang ZY, et al. An improved method for rat intubation and thymectomy [J]. Chin Med J (Engl), 2011, 124(17): 2723-2727.

[38] Jou IM, Tsai YT, Tsai CL, et al. Simplified rat intubation using a new oropharyngeal intubation wedge [J]. J Appl Physiol (1985), 2000, 89(5): 1766-1770.

[39] Rindfield T, McBrian S. Assisted ventilation without endotracheal intubation in rats [J]. J Invest Surg, 2012, 25(3): 197-199.

[40] Cheong SH, Lee JH, Kim MH, et al. Airway management using a supraglottic airway device without endotracheal intubation for positive ventilation of anaesthetized rats [J]. Lab Anim, 2013, 47(2): 89-93.

[41] Cheong SH, Yang YI, Seo JY, et al. Unilateral administration of a drug into the lung of a small animal [J]. Korean J Anesthesiol, 2010, 58(3): 283-289.

[42] Cheong SH, Lee JH, Lee KM, et al. The effects of hemodilution on acute inflammatory responses in a bleomycin-induced lung injury model [J]. Exp Lung Res, 2009, 35(10): 841-857.

[43] Tran DQ, Lawson D. Endotracheal intubation and manual ventilation of the rat [J]. Lab Anim Sci, 1986, 36(5): 540-541.

[44] Cheong SH, Lee KM, Yang YI, et al. Blind oral endotracheal intubation of rats using a ventilator to verify correct placement [J]. Lab Anim, 2010, 44(3): 278-280.

[收稿日期] 2019-04-26

(上接第 97 页)

参考文献:

[1] 袁立军, 李晓眠, 李梅. 仙台病毒基因结构与功能的研究进展 [J]. 中国病原生物学杂志, 2006, 1(6): 462-464.

[2] 中华人民共和国科学技术部. 实验动物仙台病毒检测方法: GB/T 14926. 23-2001 [S]. 2002.

[3] 中国实验动物学会实验动物标准化专业委员会. 实验动物仙台病毒 PCR 检测方法: T/CALAS 49-2017 [S]. 2018.

[4] 张欢欢, 余陈欢, 戴方伟, 等. 仙台病毒核酸测序检测方法的建立 [J]. 实验动物与比较医学, 2017, 37(3): 204-208.

[5] 熊炜, 林颖峥, 魏晓锋, 等. 仙台病毒核酸快速检测方法的建立和应用 [J]. 中国动物传染病学报, 2014, 22(4): 23-28.

[6] Geng Y, Liu G, Liu L, et al. Real-time recombinase polymerase amplification assay for the rapid and sensitive detection of Campylobacter jejuni in food samples [J]. J Microbiol Methods, 2019, 157: 31-36.

[7] Wang J, Wang J, Liu L, et al. Development of a real-time recombinase polymerase amplification assay for rapid and sensitive detection of porcine circovirus 2 [J]. Arch Virol, 2017, 162(8): 2293-2296.

[8] 吕继洲, 范燕茹, 冯春燕, 等. 猪流行性腹泻病毒实时荧光 RPA 等温检测方法的建立 [J]. 中国畜牧兽医, 2017, 44(12): 3434-3439.

[9] 刘立兵, 王金凤, 张若曦, 等. 口蹄疫病毒实时荧光 RT-RPA 快速检测方法的建立 [J]. 中国预防兽医学报, 2019, 41(2): 168-173.

[10] 王金凤, 刘立兵, 耿云云, 等. 单核细胞增生李斯特氏菌实时荧光 RPA 检测方法的建立及应用 [J]. 现代食品科技, 2018, 34(8): 213-218+98.

[11] Yang Y, Qin X, Zhang X, et al. Development of real-time and lateral flow dipstick recombinase polymerase amplification assays for rapid detection of goatpox virus and sheeppox virus [J]. Virol J, 2017, 14(1): 131.

[12] Wang J, Wang J, Li R, et al. Rapid and sensitive detection of canine distemper virus by real-time reverse transcription recombinase polymerase amplification [J]. BMC Vet Res, 2017, 13(1): 241.

[13] Daher RK, Stewart G, Boissinot M, et al. Recombinase polymerase amplification for diagnostic applications [J]. Clin Chem. 2016, 62(7): 947-958.

[收稿日期] 2019-05-14