



巴马小型猪在医学研究中的应用进展

庞琳琳¹, 张会永², 杨关林¹

(1. 辽宁中医药大学, 沈阳 110032; 2. 辽宁中医药大学附属医院, 沈阳 110032)

【摘要】 广西巴马小型猪作为国内小型猪主要品种之一, 具有遗传性稳定、多产、体重较小、体表多覆白毛等特征, 组织器官及生化指标与人类相似, 已越来越广泛地应用于医学研究领域; 猪的心脏解剖与生理特点与人类高度相似, 已被广泛应用于心血管系统研究中, 在我国, 巴马小型猪被用来构建心肌缺血、卵圆孔未闭等心血管疾病模型; 猪具有杂食性及与人相似的脂质代谢, 可用于研究内分泌疾病, 巴马小型猪已用于糖尿病动物模型建立及其遗传易感性、并发症的防治研究等; 巴马小型猪的消化系统与人类相似, 利用此特点已建立阻塞性慢性胰腺炎、结肠穿孔、胆肠吻合等消化系统疾病模型; 巴马小型猪除头、尾外, 体表覆以白毛, 这一特点使其成为研究皮肤创伤、烧伤修复等的理想动物; 小型猪的牙齿解剖结构与人类相似, 口裂大, 可作为口腔医学研究中的理想动物, 巴马小型猪已用来建立牙髓坏死模型及对上颌扩弓方式的研究; 类似人的解剖、生理、病理使其成为较为适合的异种移植供体。在中医药研究方面, 已用巴马小型猪分别建立了肝脏、脾脏、股动、静脉出血及头颈恶性肿瘤放疗后的腮腺损伤动物模型以研究中药制剂的疗效及机制。

【关键词】 小型猪; 巴马小型猪; 动物模型

【中图分类号】 Q95-33 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1005-4847(2014) 01-0094-05

Doi: 10.3969/j.issn.1005-4847.2014.01.020

Application of Chinese Bama minipigs in medical research: a literature review

PANG Lin-lin¹, ZHANG Hui-yong², YANG Guan-lin¹

(1. Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Shenyang 110032, China;

2. Affiliated Hospital of Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Shenyang 110032)

【Abstract】 As one of the major domestic minipig strains, Guangxi Bama minipigs have the following characteristics: genetic stability, fecund species, lighter weight, large area of body surface covered with white hairs, many tissues and organs and biochemical indicators similar to those of humans and so on. All these characteristics make them being widely applied in medical research. Because of the similar anatomy and physiology in cardiovascular system, Bama minipigs have been used in the research of cardiovascular system. In our country, Bama minipigs are used for establishing models of cardiovascular diseases such as myocardial ischemia, patent foramen ovale and so on. Pigs are omnivore-animals and similar to human beings in lipid metabolism, so they can be used in the study of endocrine diseases. Bama minipigs have been used in modeling, genetic susceptibility and complication prevention of diabetes. Bama mini-pigs' digestive system is similar to that of humans, so they can be used as a model of digestive system diseases including chronic pancreatitis, rupture of colon and bilioenteric anastomosis. The aspect that large area of their body surface is covered with white hairs except their head and tail makes them ideal model of skin wound and healing of burns. Bama minipigs can be used for stomatological research for their similarity to human beings in the structure of the teeth and large crack. Bama minipigs have been applied for the research of pulp necrosis and the way of maxillary expansion. They are similar to human beings in anatomy, physiology and

[基金项目] 国家重点基础研究发展计划(973计划)资助项目(2013CB531704)。

[作者简介] 庞琳琳(1989-), 女, 七年制硕士研究生, 研究方向: 心血管内科疾病。Email: 756175378@qq.com

[通讯作者] 杨关林。E-mail: yangguanlin945@gmail.com

pathology, which makes them an appropriate provider for xenotransplantation. In the research of traditional Chinese medicine, Bama minipigs has been used as liver, spleen and femoral arteriovenous fistula hemorrhagic model to study curative effect and mechanism of traditional Chinese preparation.

【Key words】 Minipigs; Bama minipigs; Animal models

小型猪在体型大小、生理学、疾病发展等方面与人有较大的相似性,是理想的实验动物模型,在探索人的生命活动规律以及研究人类疾病的病因、病机、治疗、预防、药物筛选等方面均显示出独特的优势^[1, 2]。早在 50 年代初,美国就开始了小型猪的培育开发研究,我国对小型猪的研究始于 20 世纪 80 年代初,虽然落后近半个世纪,但是我国小型猪原始资源十分丰富,优势明显^[3]。目前我国的小型猪品种主要有:五指山小型猪、贵州小型香猪、藏猪、版纳微型猪、广西巴马小型猪等^[4]。其中,五指山小型猪是我国小型猪中体型最小、体重最轻的品种之一,并且抗逆性强,目前,其近交系数高达 98.3%,培育的近交系较原始种猪群具有性情温驯、遗传背景清楚、基因高度纯和,较之国内外品种更具有体型小、遗传稳定等优势;贵州小型香猪体型小,品种纯,无污染,目前,其 12 月龄不超过 25 kg;藏猪是世界上分布在海拔最高地区的小型猪品种之一,有极强的生命力和抗病力,是我国有待杂交开发利用的宝贵资源;版纳微型猪近交系数较高,体型矮小,生长缓慢,比报道的国外小型猪有明显的小体型优势^[3]。广西巴马小型猪则集聚了国内其他品种小型猪的绝大部分优点并有其独特之处。

1 巴马小型猪的特点

广西巴马小型猪是广西农业大学王爱德教授课题组从 1987 年开始,从原产地引入广西地方猪种巴马香猪,采用基础群内闭锁纯繁选育,及半同胞为主的近交方式进行选育的,连续进行了 20 多年的培育及有关研究,巴马小型猪已具有一些特别适于实验研究的特异性^[5]。其特异性有:①遗传性稳定,一致性好:应用 21 个微卫星位点分析,广西巴马小型猪在 21 个位点的平均基因纯合率为 55.5%,表明广西巴马小型猪的近交程度较高;多态性信息含量 (polymorphism information content, PIC) 和平均杂合度分别为 0.3501 和 0.3881,说明广西巴马小型猪的平均 PIC 和平均杂合度均较低 ($P < 0.05$)。并且平均基因纯合率呈现逐渐上升的趋势,平均期望杂合度呈现逐渐降低的趋势^[5, 6]。这表明该品系有较好的遗传一致性和稳定性。②毛色独特理想,白毛占体表面积大:具有头臀黑,其余白的独特“两头

乌”毛色,适于实验的白毛占体表面积达 92% 上,便于前腔静脉采血,观察皮肤反应和实验用^[5]。③体重较小:5 世代成年母猪体重 40 kg 左右,成年公猪 35 kg 左右,由于各世代重视对小体型的选择,2003 年 14 世代成年个体体重已降为 30 kg 左右。群体体重随世代的增长呈降低趋势^[5]。④具有多产性:初产 8.5 头,经产 10 头。性成熟早:母猪初情期 70 日龄、体重 5 ~ 6 kg;性成熟 90 ~ 110 日龄、体重 8 ~ 11 kg。小公猪 75 日龄、体重 7.5 kg 左右时可开始配种,并能产生正常后代^[5]。⑤对饲料营养要求低:在广西巴马小型猪生长期间,日粮蛋白质水平 12%,能量 12.97 MJ/kg,含赖氨酸 0.65%、钙 0.65%、有效磷 0.32%,即可维持其正常生长发育的需要^[7]。⑥部分生理生化指标与人类相似:巴马小型猪 24 项血液生理指标中就有 14 个项目和人类相近似,44 项血液生化指标中,有 18 个项目和人类相近似,另外,其各器官的形状、占体重的比重也与人极相似^[2, 8, 9]。

2 巴马小型猪在医学研究中的应用

2.1 在心血管系统研究中的应用

猪与兔等其他动物相比,在解剖结构和生理学方面与人类有更为相似的心血管系统,其心脏在解剖上与人类心脏相似,心肌中没有预先存在的侧枝血管;冠脉系统在解剖和功能上与人类有 90% 的相似性;它的大动脉具有与人类相似的组织解剖结构;也发生先天性心血管异常,如卵圆孔未闭等^[10-12]。巴马小型猪已被用于心血管系统中心肌缺血、卵圆孔未闭等模型建立及对心脏外科手术的优化。徐孝平等^[13]通过检测维生素 D 和异丙肾上腺素复合高脂饮食建立体质量为 10 ~ 14 kg 雄性巴马小型猪慢性心肌缺血模型氧化应激指标 CK-MB、SOD 等,对其发病机制与治疗干预进行探索试验,发现在慢性心肌缺血形成与发展过程中,氧化应激损伤与内皮功能障碍、能量代谢紊乱和血小板活性异常相互作用,互为因果,为我们提供了改善心肌缺血的有效切入点。黄奕高等^[14]对体重 28.2 kg 广西巴马小型猪进行卵圆窝穿刺以建立卵圆孔未闭动物模型,在 X 线透视下以国产左盘外包膜房间隔封堵器进行卵圆孔未闭的封堵,发现左盘外包膜房间隔封堵器具有

良好的生物相容性,内皮化迅速且完全,可以有效地封堵卵圆孔未闭,其研究结果丰富了先天性心血管异常疾病的治疗方法。武婷等^[15]用巴马小型猪对腺苷-利多卡因极化型心脏停搏液的心肌保护效果进行评价,得出腺苷-利多卡因停搏液有助于左室功能恢复,减少缺血再灌注损伤和心肌细胞损伤,提高在体猪开胸体外循环心脏手术的成功率,其研究在心肌保护方面找到了 St. Thomas 液的替代品,优化了再灌注损伤的处理方法。

2.2 在内分泌系统研究中的应用

猪是杂食动物,能吸收、消化人类食物;并且食物的代谢,尤其脂质代谢与人相似;因此非常适合用于糖尿病的研究,医学研究者用巴马小型猪进行实验研究,已在糖尿病的模式建立、遗传易感性及并发症的防治等方面取得了一定进展。魏寒松等^[16]采用高脂高糖高胆固醇饮食喂养的方法建立广西巴马小型猪糖尿病动物模型,得到饮食诱导的糖尿病小型猪模型肝脏组织 Akt2 表达降低;NO-1886 能够上调肝脏 Akt2 蛋白的表达,改善胰岛素抵抗。姚春涛等^[17, 18]利用广西巴马小型猪建立糖尿病模型,从基因层面证实其遗传易感性。糖尿病性勃起功能障碍是糖尿病的常见并发症,张永斌等^[19]采用高脂高糖饮食喂养 3 月龄雄性广西巴马小型猪法建立广西巴马小型猪糖尿病性阴茎勃起功能障碍模型,从周围神经递质一氧化氮(NO)的角度,通过观察一氧化氮合酶(NOS)活性的改变探讨了糖尿病性勃起功能障碍的发病机制,发现糖尿病损害 LArg-NO 通路是导致糖尿病性阴茎勃起功能障碍的重要原因,从而为预防和治疗糖尿病性阴茎勃起功能障碍提供一定的理论基础和实际应用价值。

2.3 在消化系统研究中的应用

巴马小型猪的胃肠道虽然在解剖上与人类有一些显著的差别^[2],然而,它们的消化生理过程却与人类十分相似,使之成为消化系统疾病研究很有价值的模型。李晓栋等^[20]建立巴马小型猪阻塞性慢性胰腺炎模型,实验中发现小型猪经病理证实为 II 期、III 期阻塞性慢性胰腺炎的胰腺组织与正常胰腺组织磁共振波谱分析代谢物存在显著差异;高分辨核磁共振氢谱能敏感地检测该差异的存在并与病理有良好的相关性;经病理证实为 II 期、III 期阻塞性慢性胰腺炎的胰腺组织中,仅有乳酸、N-乙酰糖蛋白、乙酰乙酸峰强度显著增加,其他代谢物峰值强度均呈减少趋势。丰富了阻塞性慢性胰腺炎的特异性早期诊断技术。梅劲桦等^[21]用巴马小型猪制造结肠穿孔模型,用新研发的脱氧土霉素涂层聚乳酸支

架行 I 期修补吻合口漏。发现吻合口组织丙二醛和髓过氧化物酶含量较对照组低($P < 0.05$),吻合口爆破压较对照组高($P < 0.05$),免疫组化染色病理学检查显示实验组较对照组炎症反应轻、胶原合成早、疤痕成熟,并且不影响肠黏膜屏障功能。为结肠吻合口漏提供了一种安全有效的治疗措施。梁霄^[22]以巴马小型猪为实验对象,构建猪胆肠吻合模型,置入紫杉醇生物可降解支架,结果证实紫杉醇生物可降解支架能在一定程度上抑制猪胆肠吻合口狭窄趋势,其抑制猪胆肠吻合口狭窄的分子机制可能与 TGF- β 1 及 b-FGF 信号通路相关,为肝胆胰疾病治疗的完善提供了一种积极的思路。

2.4 在皮肤整形研究中的应用

小型猪皮肤厚度、分层、光镜结构、超微结构、真皮和表皮连接方式、真皮和表皮中细胞分布、皮下组织结构、胞外基质的排列结构、皮肤血供、附属器等都与人类相似;其皮肤中多种抗原与人类抗血清具有交叉反应,分布也与人类皮肤接近^[23-25];尤其巴马小型猪除两头外,身上绝大部分都是白色的,便于实验观察,使其成为皮肤整形研究的理想动物模型。孙志勇等^[26]用巴马小型猪进行皮肤创伤造模,发现天然水蛭素可以改善随意型皮瓣移植后的静脉淤血,使随意型皮瓣移植术更加完善。江雯等^[27]用巴马小型猪建立了皮肤靶向表达人细胞毒 T 淋巴细胞相关抗原-4 转基因巴马香猪种群,实验证实了转基因蛋白 hCTLA-4Ig 在猪皮肤的特异性表达和在血清中的分泌性表达,以及该蛋白的抑制淋巴细胞增殖的功能和延长异种移植存活时间的生物学活性,同时移植后皮肤移植物的病理切片苏木素伊红染色显示此蛋白降低了移植物中的炎症反应,使烧伤后皮肤移植治疗更为安全有效。

2.5 在口腔系统研究中的应用

小型猪的牙齿解剖结构与人类相似,饲喂致龋齿食物可产生与人类一样的龋损,是复制龋齿的良好动物模型;小型猪体积小,口裂大,操作方便,是理想的进行口腔医学研究的实验动物^[28],国内已有用巴马小型猪进行植牙、牙颌等疾病的研究。黄杨等^[29]以组织块酶消化法体外分离培养 4~6 月龄雌性广西巴马小型猪,将富血小板血浆凝胶与脱矿牙本质基质在结构上相结合,作为牙本质基质-PRP 凝胶支架,实验中发现 10% PRP 凝胶由于良好的可塑性以及富含生长因子的特性,可以作为一种注射式支架材料;而脱矿牙本质基质可以为乳牙牙髓细胞的增殖和矿化提供良好的微环境,为保存和恢复牙髓的功能提供了一种有效途径。付鼎等^[30]用巴马

小型猪做上颌快速扩弓,定期拍摄锥体束 CT 观察扩弓前后及保持期的后牙颊侧骨板变化,得出上颌快速扩弓后颊侧牙槽骨高度、厚度均发生明显减小;扩弓前颊侧牙槽骨厚度与发生牙槽骨吸收的可能性存在负相关,为临床选择扩弓方式提供一定参考依据。

2.6 在器官移植研究中的应用

猪既能解决人源器官严重不足、提供源源不断的供体器官、组织、细胞,也可克服灵长类动物异种带来的伦理、烈性病毒传染病等问题,被选定为较为适合的异种移植供体。目前,用巴马小型猪进行异种移植的可行性已得到证实,黄云等^[31]以广西巴马小型猪总 RNA 为模板,从基因序列层面,应用 PCR 等技术,得出广西巴马小型猪 LAIR-I 基因 cDNA 序列与人类的亲缘关系最近,进一步验证了广西巴马小型猪作为人类器官移植供体的可行性。郭晓萍等^[32]以广西巴马小型猪肝脏组织总 RNA 为模板进行 RT-PCR,经纯化、克隆、测序、双酶切鉴定发现广西巴马小型猪 GGTA1 基因存在第五外显子缺失的现象,为后面在猪源 PK-15 细胞中对其进行表达鉴定以及巴马小型猪 a-1,3 半乳糖转移酶基因的沉默实验以及探索异种移植中超急性排斥反应的解决办法奠定基础。黄国勇等^[33]则用巴马小型猪对供体腹主动脉行肝动脉重建肝移植中的麻醉问题进行研究,以探索完善的肝移植方法。值得一提的是,裴志勇等^[34]用体重 20~30 kg 广西巴马小香猪通过冠状动脉内球囊阻塞法成功制备了小型猪 AMI 的模型,研究发现用地黄低聚糖联合脂肪组织来源干细胞移植可以明显改善 AMI 小型猪左心室功能,缩小梗死体积,增加梗死区室壁厚度,同时地黄低聚糖可以改善梗死区微环境,提高脂肪组织来源干细胞移植效率。该方法克服了早期再灌注治疗策略带来的心肌细胞凋亡、心室重构及心力衰竭以及心脏移植的供体来源有限、费用昂贵、移植排斥反应等问题。

2.7 在危重病、神经性疾病、药物代谢等研究中的应用

在危重病模型研究方面,余莉等^[35]用体重 18~22 kg 健康巴马小型猪建立容量控制性失血性休克动物模型,发现低温暴露使失血性休克机体中心体温、体循环阻力、心排量、氧代谢等异常加重,使休克病程更快进展至失代偿期,并增加短期死亡率;而麻醉因素使机体失血性休克氧供需失衡减轻,为特殊条件下失血性休克的病情诊断和救治提供理论参考。在神经性疾病模型方面,徐飞等^[36]用吉兰-巴雷综合征空肠弯曲菌感染诱导建立了巴马小型猪周

围神经病动物模型,模拟了自然条件下侵染致病的过程,为研究周围神经病的发病机理提供了大型动物模型。陈少梅等^[37]用 4~5 岁广西巴马小型猪,通过 RT-PCR 及巢式 PCR 方法获得广西巴马小型猪 Tau 基因序列,为研究阿尔茨海默病动物模型提供理论依据,同时也为后续生产转 Tau 基因的广西巴马小型猪阿尔茨海默病模型奠定基础。在药物代谢方面,薛正楷等^[38]通过总 RNA 提取、经 RT-PCR 得到巴马小型猪 CYP3A29 的基因,并将此基因转染至 HepG₂ 细胞,G418 筛选十代,发现与 HepG₂ 相比,HepG₂-CYP3A29 细胞株具有极显著的硝苯地平氧化活性。成功建立了稳定表达 CYP3A29 的 HepG₂ 细胞株,并可用于相关药物代谢研究。在脑死亡方面,宋燕等^[39]用雌雄不限、体重 25 kg 巴马小型猪,通过改进的缓慢间断颅内加压法建立脑死亡模型,发现 N-乙酰半胱氨酸能够抑制脑死亡状态下 NF- κ B mRNA 及其蛋白的表达,减少炎症介质的释放,从而保护脑死亡状态下肝脏的结构和功能。在感染性疾病方面,沈艳等^[40]用巴马小型猪研究致病性猪链球菌 2 型感染后对部分免疫指标的影响,发现不同菌株的致病性有差异;外周血中各相关免疫指标和猪链球菌 2 型感染进程有一定相关性,为猪链球菌 2 型感染进程提供了监测指标。

2.8 在中医药研究中的应用

国内小型猪用于中医药方面的研究刚刚起步,其中,贵州小型香猪已被用来研究冠心病(心肌缺血)中医证候变化特点(气虚证→气虚血瘀证)及与心脏结构和功能变化的关系,并对“内关”穴位埋针抗心肌缺血的可能机制进行探讨^[41, 42]。而对巴马小型猪的应用主要在中药药效评价及作用机制研究方面,朱元元等^[43]用体重 22~30 kg 的巴马小型猪分别建立肝脏、脾脏和股动、静脉创伤出血模型,发现血余炭止血包有较好的凝血效果,在巴马小型猪肝脏、脾脏创伤出血模型中能明显缩短出血时间,减少出血量,止血实验效果显著;能有效控制模型中股动、静脉致命性出血,降低死亡率,为创伤出血提供了一种安全有效的治疗手段。张海东等^[44]用年龄 2~3 个月、体质量 5.0~7.2 kg 雄性实验用巴马小型猪,给予 15 Gy γ 射线照射双侧腮腺,模拟针对头颈恶性肿瘤的放射疗法对腮腺造成的损伤,发现中药制剂可以促进小型猪腮腺放射损伤后外周血的恢复,而明显清除活性氧簇可能是其防护腮腺放射损伤的主要机制。

参 考 文 献

- [1] Lunney JK. Advances in swine biomedical model genomics [J].

- Int J Biol Sci, 2007, 3:179-184.
- [2] 王爱德, 覃灿, 蓝干球. 广西巴马小型猪解剖结构初探 [J]. 上海实验动物科学, 1991, 11(3):188-190.
- [3] 冯书堂. 中国实验用小型猪 [M]. 中国农业出版社, 2011:6-7.
- [4] 冯书堂. 中国小型猪品种介绍 [J]. 农业科技, 1994, 3:31.
- [5] 王爱德. 广西巴马小型猪的选育研究 [J]. 中国比较医学杂志, 2004, 14:160.
- [6] 牛荣, 黄中波, 商海涛, 等. 广西巴马小型猪 21 个微卫星座位的 DNA 多态性分析 [J]. 中国兽医科技, 2002, 32:11-13.
- [7] 兰干球, 郭亚芬, 王爱德. 广西巴马小型猪生长期日粮蛋白与能量水平需要的测定 [J]. 实验动物科学, 2007, 24:36-38, 25.
- [8] 王爱德, 郭亚芬, 李柏, 等. 巴马小型猪血液生理指标 [J]. 上海实验动物科学, 2001, 21:75-78.
- [9] 王爱德, 郭亚芬, 李柏, 等. 巴马小型猪血液生化指标 [J]. 上海实验动物科学, 2001, 21:8-12.
- [10] 田国良, 毕延发, 张淑琴, 等. 家兔动脉粥样硬化造型及治疗效果的观察 [J]. 上海实验动物科学, 1990, 10(4):212-214, 218.
- [11] Bloor CM, White FC, Roth DM. The pig as a model of myocardial ischemia and gradual coronary artery occlusion. In: Swindle MM ed. Swine as Models in Biomedical Research [M]. Ames IA: Iowa State University Press, 1992:163-175.
- [12] Swindle MM, Thompson RP, Carabello BA, et al. Congenital cardiovascular disease. In: Swindle MM ed. Swine as Models in Biomedical Research [M]. Ames IA: Iowa State University Press, 1992:176-184.
- [13] 徐孝平, 潘永明, 陈亮, 等. 慢性心肌缺血小型猪的氧化应激反应指标观测 [J]. 实验动物与比较医学, 2012, 32:401-406.
- [14] 黄奕高, 张曹进, 黄涛, 等. 左盘外包膜房间隔封堵器治疗卵圆孔未闭的实验研究 [J]. 中华心血管病杂志, 2009, 37:936-938.
- [15] 武婷, 陈长城, 杨璟, 等. 腺苷-利多卡因极化型心脏搏液的心肌保护作用 [J]. 中华胸心血管外科杂志, 2013, 29:219-222.
- [16] 魏寒松, 余坚, 刘毅, 等. Ibrolipim 对糖尿病小型猪肝脏 PKB-Akt2 表达的影响 [J]. J Med Res, 2008, 37:50-54.
- [17] 姚春涛, 赵玉琼, 赵权, 等. 中国 3 种特有小型猪品系脂联素受体 1 基因外显子 5 的多态性分析 [J]. 中国比较医学杂志, 2008, 18:44-47.
- [18] 梁家充, 郭亚芬, 陈江伟, 等. 广西巴马小型猪 PPAR γ -2 基因多态性与 2 型糖尿病易感性的相关性 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40:10153-10155, 10250.
- [19] 张永斌, 刘晓秋, 谢玲玲, 等. 糖尿病性勃起功能障碍巴马小型猪模型阴茎组织中 NOS 的变化 [J]. 动物医学进展, 2010, 31(10):28-31.
- [20] 李晓栋. 小型猪阻塞性慢性胰腺炎高分辨核磁共振质子波谱代谢特征研究 [D]. 上海: 第二军医大学, 2012.
- [21] 梅劲桦. 脱氧土霉素涂层支架 I 期治疗猪结肠吻合口漏的实验研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [22] 梁霄. 紫杉醇生物可降解胆肠支架预防胆肠吻合口狭窄的动物实验研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
- [23] 胡俊西. 巴马小型香猪皮肤比较生物学研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2006.
- [24] 陈俊颖. 巴马香猪皮肤比较生物学特性及其无细胞真皮的研究 [D]. 重庆: 第三军医大学, 2006.
- [25] 武志强, 管宇, 何宏华, 等. 小型猪皮肤组织结构及其初期收缩的研究 [J]. 实用美容整形外科杂志, 1997, 8(3):3-5.
- [26] 孙智勇, 王刚, 杨晓楠, 等. 天然水蛭素对猪随意型皮瓣静脉淤血影响的实验研究 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2008, 22:1296-1300.
- [27] 江雯. 皮肤靶向表达 hCTLA-4Ig 转基因巴马香猪种群建立及其异种移植研究 [D]. 重庆: 第三军医大学, 2012.
- [28] 北京农业大学实验动物研究所, 等. 中国实验用小型猪的培育、开发与应用 [J]. 中国实验动物学杂志, 1991, 01:15-19.
- [29] 黄杨. 牙本质基质—富血小板血浆凝胶构建牙髓组织工程支架的初步研究 [D]. 南宁: 广西医科大学, 2012.
- [30] 付鼎, 厉松, 马玉洁, 等. 上颌快速扩弓对小型猪后牙颊侧骨板改建影响的锥体束 CT 研究 [J]. 中华口腔正畸学杂志, 2013, 20:8-12.
- [31] 黄云, 张名媛, 黎江, 等. 广西巴马小型猪 LAIR-1 基因 cDNA 克隆及序列分析 [J]. 南方农业学报, 2012, 43:692-696.
- [32] 郭晓萍, 陈时锦, 兰干球, 等. 广西巴马小型猪 α -1,3 半乳糖转移酶基因真核表达载体的构建及鉴定 [J]. 实验动物与比较医学, 2012, 32:1-7.
- [33] 黄国勇, 秦丹丹, 李静, 等. 使用供体腹主动脉行肝动脉重建猪肝移植术的麻醉管理 [J]. 广西医学, 2012, 34:1298-1301.
- [34] 裴志勇. 地黄低聚糖对同种异体脂肪组织来源干细胞移植治疗小型猪急性心肌梗死效应及机制的研究 [D]. 北京: 中国人民解放军军医进修学院, 2012.
- [35] 余莉. 低温暴露和麻醉对失血性休克血流动力学、氧动力学及中心体温的影响 [D]. 西安: 第四军医大学, 2012.
- [36] 徐飞, 荆丛丛, 陈扬, 等. 吉兰-巴雷综合征空肠弯曲菌感染诱导巴马小型猪致周围神经病动物模型的建立 [J]. 脑与神经疾病杂志, 2012, 20:81-84.
- [37] 陈少梅, 陈宝剑, 苏秀珍, 等. 广西巴马小型猪 Tau 基因可变剪接体的克隆和鉴定 [J]. 广东农业科学, 2013:127-129.
- [38] 薛正楷, 魏泓, 商海涛, 等. CYP3A29 稳定表达 HepG2 细胞株的建立及其硝苯地平代谢活性鉴定 [J]. 中国人兽共患病学报, 2009, 25:640-644, 649.
- [39] 宋燕, 郭文治, 郭学利, 等. N-乙酰半胱氨酸对脑死亡巴马小型猪肝脏功能与核因子- κ BmRNA 及其蛋白表达的影响 [J]. 中华创伤杂志, 2009, 25:275-279.
- [40] 沈艳, 华修国, 崔立, 等. 猪链球菌 2 型两代表性分离株感染小型猪后对部分免疫指标的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2008, 39:1721-1730.
- [41] 王勇, 李春, 啜文静, 等. 基于小型猪冠心病慢性心肌缺血模型气虚血瘀证的证候评价 [J]. 中国中西医结合杂志, 2011:233-237.
- [42] 杨孝芳, 崔瑾, 刘小雨, 等. “内关”穴埋针对心肌缺血小型猪心肌组织转化生长因子- β 3mRNA 和蛋白表达的影响 [J]. 针刺研究, 2010, 35:267-271.
- [43] 朱元元, 邱彦, 鲁毅, 等. 血余炭止血包止血效果的实验研究 [J]. 药学实践杂志, 2011, 29:431-434.
- [44] 张海东, 王仁生, 梁菲菲, 等. 肘节风颗粒对小型猪腮腺急性放射损伤防护作用的实验研究 [J]. 时珍国医国药, 2011, 22:2075-2077.