

糖尿病动物皮肤损伤模型制备要素和受试物数据的文献分析

林江, 骆飞, 刘鹏, 韩丝银, 陈振兴, 梁忠秀, 兰太进

(广西中医药大学基础医学院, 南宁 530200)

[摘要] 目前, 多种药物或方法已用于糖尿病创面不愈的治疗, 包括中药、西药、生物制剂、物理疗法等, 均取得了较好的临床治疗效果, 但长期疗效还有待进一步提高。另外, 糖尿病创面不愈是多种细胞及细胞因子相互作用的结果, 单一疗法往往效果不显著。因此, 在建立稳定可靠的动物模型基础上, 通过药理学研究明确各药物或治疗手段的作用机制, 可为后续临床联合应用提供治疗依据, 以此提高临床治疗效果。本文收集国内外24年来有关糖尿病动物皮肤损伤模型的文献, 统计分析模型制备要素及受试物(药物或治疗手段)数据, 以期为提高造模效率和科学评价受试物提供依据。

[关键词] 糖尿病; 动物模型; 皮肤损伤; 造模要素; 受试物

[中图分类号] R-332; R587.2; Q95-33 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1674-5817(2021)06-0515-06

Research Progress Related to Candidate Treatment Methods and Modeling Factors for Diabetic Animal Models with Skin Injury

LIN Jiang, LUO Fei, LIU Peng, HAN Siyin, CHEN Zhenxing, LIANG Zhongxiu, LAN Taijin

(School of Basic Medical Science, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China)

Correspondence to: LAN Taijin, E-mail: lanbo130406@gmail.com

[Abstract] Currently, multiple drugs and other therapies are used for diabetic wounds, including Chinese herbs, Western medicine, biological agents, and physical therapy, these agents have been shown to be associated with favorable clinical outcomes, however, their long-term efficacy needs to be further improved. A diabetic wound is the result of an interaction among multiple cells and cytokines, and therefore a single treatment method is often ineffective. On the basis of establishing stable and reliable animal models, the mechanism underlying each treatment method can be clarified through pharmacological research, providing a basis for combined clinical application and improved clinical outcomes. In this paper, the scientific literature related to diabetic animal models with skin injury from the last 24 years was collected, and the factors involved in animal model preparation and treatment data were statistically analyzed to provide references for improving the modeling efficiency and scientifically evaluating the effectiveness of treatment methods.

[Key words] Diabetes; Animal models; Skin injury; Modeling factors; Treatment methods

据统计, 截止2017年全世界约有4.51亿(18~99岁)糖尿病患者, 预计到2045年这一数字将增加至6.93亿^[1]。在糖尿病的诸多并发症

中, 伤口愈合能力受损是糖尿病的一个典型并发症; 如果慢性损伤和溃疡发生在足部, 则有可能引发糖尿病足, 严重者甚至导致截肢^[2]。动物模

[基金项目] 国家自然科学基金(81903919); 广西科技基地和人才专项(桂科AD17195080); 国家级海洋经济创新发展示范城市产业链协调创新项目(Bhsfs002); "北部湾海洋医药研究与开发"广西特聘专家岗位(2017[40]号); 广西中药药效研究重点实验室(省级)开放课题(051-06-K6)

[作者简介] 林江(1963—), 女, 博士, 教授, 研究方向: 海洋药及方剂应用基础研究。E-mail: linjiang6560@163.com

[通信作者] 兰太进(1986—), 男, 副教授, 研究方向: 中药免疫药理及中药产品开发研究。E-mail: lanbo130406@gmail.com

型可为研究疾病的发病机制及药物开发提供基础数据。本文从PubMed和中国知网(CNKI)等数据库收集1997—2020年(24年)国内外研究糖尿病动物皮肤损伤模型的文献276篇,应用Excel录入每篇文章的题目,并根据实验动物种类、性别,糖尿病模型制作时是否给予高脂高糖饲料,制作糖尿病模型的试剂、造模时间、给药剂量、给予方式,建立糖尿病模型的评价指标,制作创面的方法、创面位置、创面大小、受试物名称等信息,制作《糖尿病动物皮肤损伤模型的造模要素挖掘数据表》。然后对录入的每项数据进行统计和分析,归纳总结造模要素和受试物情况,旨在为提高造模效率和科学评价受试物的有效性提供参考。

1 动物选择

1.1 种别

造模所用动物种类根据其使用频率由高到低依次为大鼠、小鼠、新西兰兔和约克猪。大鼠220篇,其中SD大鼠142篇,Wistar大鼠74篇;小鼠47篇,其中C57BL/6小鼠25篇,昆明小鼠11篇,ICR小鼠3篇,BALB/c裸小鼠4篇,db/db小鼠3篇;新西兰兔7篇;约克猪2篇。

1.2 性别

在实验中,单独使用雄性动物(233篇)远高于单独使用雌性动物(11篇),少数选用雌雄各半动物(12篇),或雌雄不限(20篇)。

2 造模情况

2.1 糖尿病模型的建立

根据统计结果,除自发性糖尿病db/db小鼠模型外(3篇),绝大部分糖尿病动物模型是由化学试剂或化学试剂联合高脂高糖饲料建立,包括使用链脲佐菌素(210篇)、四氧嘧啶(30篇)、高脂或高脂高糖饲料联合链脲佐菌素(33篇)。试剂给予方式大多为腹腔注射(232篇),少数采用尾静脉注射(32篇);约克猪与新西兰兔的注射方式为耳缘静脉注射(9篇)。链脲佐菌素注射的次数有:一次性注射(217篇);每天1次,连续注射2d(8篇);每天1次,连续注射3d(5篇);每天1次,连续注射5d(9篇);每天1次,连续注射6

d(3篇)和每天1次,连续注射7d(2篇)。四氧嘧啶注射的次数有:一次性注射(27篇),每隔3d注射1次且连续注射2次(1篇),以及每天注射1次且连续注射3d(1篇)。此外,所使用动物种类、造模试剂及其剂量、造模时间、评价指标等情况详见表1。

2.2 皮肤创面的制作

皮肤创面的制作方法有全皮层切除(201篇)、特制打孔器打孔(39篇)、烫伤(30篇)、按压(5篇)、高位截肢(1篇)。创面的位置常在背部(252篇),少数位于足背部(24篇)。创面的形状有圆形和方形,但绝大部分为圆形。

大鼠创面面积范围为0.21~7.07 cm²(共有131篇明确了创面面积)。常用的面积有0.21 cm²(即0.30 cm×0.70 cm, 9篇)、0.50 cm²(即直径为0.8 cm, 3篇)、0.78 cm²(即直径为1.00 cm, 8篇)、0.95 cm²(即直径为1.10 cm, 2篇)、1.13 cm²(即直径为1.2 cm, 2篇)、1.77 cm²(即直径为1.50 cm, 15篇)、2.54 cm²(即直径为1.80 cm, 30篇)、3.14 cm²(即直径为2 cm, 28篇)、4.00 cm²(即2.00 cm×2.00 cm, 10篇)、4.91 cm²(即直径为2.50 cm, 10篇)和7.07 cm²(即直径为3.00 cm, 14篇)。

小鼠创面面积范围为0.20~1.00 cm²(共有31篇明确了创面面积)。常用的创面面积有0.20 cm²(即直径为0.50 cm, 2篇)、0.28 cm²(即直径为0.60 cm, 1篇)、0.38 cm²(即直径为0.70 cm, 1篇)、0.50 cm²(即直径为0.80 cm, 9篇)、0.64 cm²(即0.80 cm×0.80 cm, 8篇)、0.79 cm²(即直径为1.00 cm, 5篇)、1.00 cm²(即1.00 cm×1.00 cm, 5篇)。

新西兰兔创面面积明确的共有6篇,分别为0.70、0.79、2.54、4.00、6.00和9.00 cm²。

约克猪创面面积为19.60 cm²,即直径为5.00 cm(2篇)。

3 受试物

在上述动物模型建立的基础上,国内外学者陆续开展了针对多种化学药物、中药及中药提取物、中成药及中药复方、生物制剂以及物理疗法等的治疗效果评价,以及相应作用机制的研究,

表1 化学试剂诱导糖尿病动物模型的造模情况

Table 1 Modeling of diabetes animal models induced by chemical reagents

动物种类	造模试剂	剂量	造模所需时间	评价指标 [#]
大鼠 (220 篇)	链脲佐菌素(204 篇)	25 mg/kg (2 篇)	18 h (1 篇)	空腹血糖 (26 篇): 血糖值 > 10 mmol/L (1 篇); > 11.1 mmol/L (6 篇); > 12 mmol/L (4 篇); > 16 mmol/L (2 篇); > 16.7 (13 篇) 随机血糖 (178 篇): 血糖值 > 10 mmol/L (8 篇); > 11 mmol/L (11 篇); > 11.1 mmol/L (8 篇); > 11.2 mmol/L (15 篇); > 13.3 mmol/L (2 篇); > 13.9 mmol/L (5 篇); > 15.0 mmol/L (1 篇); > 15.6 mmol/L (1 篇); > 16.0 mmol/L (2 篇); > 16.7 mmol/L (124 篇); > 19.2 mmol/L (1 篇)
		30 mg/kg (25 篇)	1 周 (86 篇)	
		33 mg/kg (1 篇)	2 周 (14 篇)	
		35 mg/kg (8 篇)	3 周 (3 篇)	
		40 mg/kg (11 篇)	4 周 (11 篇)	
		45 mg/kg (9 篇)	5 周 (1 篇)	
		50 mg/kg (28 篇)	7 周 (3 篇)	
		55 mg/kg (28 篇)	8 周 (12 篇)	
		60 mg/kg (47 篇)	12 周 (3 篇)	
		65 mg/kg (33 篇)	14 周 (1 篇)	
	70 mg/kg (4 篇)	16 周 (1 篇)		
	75 mg/kg (4 篇)	2 d (7 篇)		
	100 mg/kg (1 篇)	3 d (55 篇)		
	120 mg/kg (2 篇)	5 d (3 篇)		
	180 mg/kg (1 篇)	6 d (3 篇)		
	四氧嘧啶 (16 篇)	40 mg/kg (2 篇)	1 d (6 篇)	随机血糖 (16 篇): 血糖值 > 10 mmol/L (3 篇); > 11 mmol/L (7 篇); > 11.1 mmol/L (2 篇); > 12 mmol/L (1 篇); > 16.6 mmol/L (2 篇); > 16.7 mmol/L (1 篇)
		50 mg/kg (7 篇)	3 d (3 篇)	
		100 mg/kg (2 篇)	5 d (1 篇)	
		120 mg/kg (2 篇)	4 h (2 篇)	
		150 mg/kg (2 篇)	5 h (1 篇)	
220 mg/kg (1 篇)		1 周 (2 篇) 2 周 (1 篇)		
小鼠* (47 篇)	链脲佐菌素 (44 篇)	10 mg/kg (1 篇)	1 周 (26 篇)	空腹血糖 (8 篇): 血糖值 > 11.1 mmol/L (3 篇); > 16.7 mmol/L (5 篇) 随机血糖 (36 篇): 血糖值 > 11.1 mmol/L (4 篇); > 11.2 mmol/L (2 篇); > 13 mmol/L (1 篇); > 11.9 mmol/L (1 篇); > 16.7 mmol/L (28 篇)
		30 mg/kg (1 篇)	2 周 (2 篇)	
		40 mg/kg (18 篇)	3 周 (1 篇)	
		45 mg/kg (2 篇)	4 周 (5 篇)	
		50 mg/kg (3 篇)	8 周 (2 篇)	
		55 mg/kg (4 篇)	2 d (1 篇)	
		60 mg/kg (1 篇)	3 d (2 篇)	
		63 mg/kg (1 篇)	4 d (1 篇)	
		65 mg/kg (1 篇)	5 d (3 篇)	
		80 mg/kg (1 篇)	6 d (1 篇)	
		100 mg/kg (2 篇)		
		120 mg/kg (2 篇)		
		150 mg/kg (5 篇)		
		180 mg/kg (1 篇)		
250 mg/kg (1 篇)				
新西兰兔 (7 篇)	链脲佐菌素 (2 篇)	40 mg/kg (1 篇)	2 周 (1 篇)	空腹血糖 (2 篇): 血糖值 > 16 mmol/L
		65 mg/kg (1 篇)	3 周 (1 篇)	
	四氧嘧啶 (5 篇)	50 mg/kg (2 篇)	2 周 (2 篇)	随机血糖 (5 篇): 血糖值 > 10 mmol/L (2 篇); > 12 mmol/L (1 篇); > 16.7 mmol/L (2 篇)
		125 mg/kg (2 篇)	10 d (1 篇)	
		130 mg/kg (2 篇)	77 d (1 篇)	
180 mg/kg (2 篇)				
约克猪(2 篇)	四氧嘧啶 (2 篇)	200 mg/kg (2 篇)	1 周 (2 篇)	空腹血糖 > 1.2 g/L (2 篇)

注: 括号中显示涉及文献的篇数。*其中有 3 篇文献研究是采用自发性糖尿病小鼠模型(db/db 小鼠)。#评价指标中不同血糖值涉及文献的篇数不含更高血糖值范围。

为后续的糖尿病药物开发及应用积累了一定的基础研究数据。

3.1 化学药物

基于上述动物模型开展的药效评价研究表明,多种化学药物能促进糖尿病皮肤损伤的修复,包括阿卡地新、 α 硫辛酸、油酸、壳寡糖、硫化氢、L-精氨酸、氨基胍、硫酸锌、硫酸乙酰肝素、硼酸、壳聚糖凝胶剂、NO合剂(如硝普钠、夹竹桃麻素、精氨酸)和载洛伐他汀纤维膜等。为了提高治疗效果,部分化学药物制备成适宜于皮肤给药的凝胶剂或纤维膜等剂型,通过动物模型确认其疗效,可为后续的临床应用提供参考。

3.2 中药及中药提取物

中药对于慢性创面不愈具有一定的临床疗效。基于上述动物模型,在确认中药及其提取物疗效的基础上可进一步开展作用机制研究,为临床合理用药奠定基础,同时也为中药活性成分筛选提供线索。经统计,具有促进糖尿病皮肤损伤的中药及中药提取物包括蜂胶、蜂蜜、芦荟凝胶、白芨多糖、大黄多糖、岗梅提取物、毛冬青浸膏、茵芋甲醇提取物、金鸡毛草水提物、积雪草总苷、虎杖苷、雷公藤红素、姜黄素、槲皮素、人参皂苷Rg3等。

3.3 中成药及中药复方

中药复方是中药发挥作用的主要形式,部分中药复方及中成药在临床上已经取得了较好的治疗效果。通过建立糖尿病皮肤损伤模型,进一步研究其作用机制,可为临床联合应用提供可靠数据,最终提高临床治疗效果。经统计,基于上述糖尿病皮肤损伤模型开展研究的中成药及中药复方包括:康肤霜、芪蛭降糖胶囊、丹黄散、蚓黄散、愈疡灵软膏、益气养阴通络方、益气活血祛湿膏、益气化瘀方、一效膏、荨蓬膏、血竭生肌膏、血竭壳聚糖药膜、消毒愈肌液、消毒愈肌膏、鲜蟾皮、托里消毒散精简方、糖足洗液、生肌象皮膏、伤疡愈软膏、龙血竭、加味桃核承气汤、复黄生肌愈创油膏、复方愈疡散、肤痔清软膏、天楼解毒消肿散、唐肌康、四效散、四妙勇安汤、生肌化瘀方、生肌巴布贴、祛瘀生肌方、益气化瘀生肌方、疡愈涂剂、祛瘀生肌方、活血

化瘀方、化疽生新膏、蜂蜡膏、京万红软膏、金创抗菌膏、解毒洗药、回阳生肌散、回阳生肌膏、莪术醇软膏、创愈生肌散、湿润烧伤膏、通塞脉片和康乐欣等。

3.4 生物制剂

国内外学者在上述动物模型的基础上,尝试探讨了多种生物制剂(如胰岛素、多种来源的干细胞、各种促进修复的细胞因子、胰岛素联合细胞因子等)对糖尿病皮肤损伤的修复作用,结果显示很多生物制剂均可在一定程度上促进糖尿病创面愈合。经统计,开展研究的生物制剂包括胰岛素、骨髓间充质干细胞、脂肪间充质干细胞、表皮干细胞、凝血酶、蛆虫分泌物抗菌肽、富血小板纤维蛋白、热休克蛋白90、外源性P物质、胰岛素样生长因子-1凝胶、重组人酸性成纤维细胞生长因子卡波姆940凝胶、重组人粒细胞巨噬细胞刺激因子凝胶、重组人血小板衍生生长因子凝胶、碱性成纤维细胞生长因子凝胶、粒细胞巨噬细胞集落刺激因子凝胶、转化生长因子 β 1凝胶、神经生长因子凝胶、重组人表皮生长因子凝胶、血管内皮生长因子165-胰岛素复合凝胶、神经生长因子-胰岛素复合凝胶和低氧诱导导电水凝胶等。

3.5 物理疗法

近年来,物理疗法也被报告具有促进糖尿病创面愈合的作用。在上述动物模型的基础上,国内外学者探讨了低能量体外震波、红光、封闭负压引流、封闭负压引流联合局部氧疗、低剂量辐射、超短波、磁力介导骨髓间充质干细胞向创面聚集等对糖尿病创面愈合的影响,结果显示这些物理疗法均具有一定的效果,为后续联合药物治疗奠定了基础。

3.6 阳性对照药

国内外学者在进行糖尿病创面愈合研究的过程中,采用了多种已经上市销售的中药、西药及生物制剂作为阳性对照药,以保证实验结果的可靠性。这些阳性对照药包括如意金黄散、湿润烧伤膏、康复新液、外用重组牛碱性成纤维细胞生长因子凝胶、复方磺胺嘧啶锌凝胶、外用重组人酸性成纤维细胞生长因子凝胶、重组人表皮生长因子凝胶等。

4 总结与展望

创面愈合异常是糖尿病患者常见的并发症。建立与临床发病特征相似且稳定、重复性好的动物模型是研究糖尿病发病机制及治疗的必要手段。通过检索和分析文献可以发现,糖尿病动物创面损伤模型的制备与物种、性别,建立糖尿病模型所用的试剂、剂量、注射方式、注射次数、造模时间,制作创面的方法、创面的位置和大小等因素相关。动物种类以大鼠最常用,其中SD大鼠为主,Wistar大鼠也较多使用;小鼠则以C57BL/6J小鼠为主,其他动物使用较少;可能原因是大鼠、小鼠繁殖周期短,饲养成本低,同时相关检测试剂供应丰富,有利于开展相关研究。

实验中使用的动物性别以雄性居多,原因可能是雌性动物体内含雌激素,本身具有调节创面愈合的作用,这可能会影响实验结果的判断。已知雌激素可作用于创面愈合的3个时期,包括炎症期、增殖期与重塑期。在炎症期,雌激素主要通过抑制中性粒细胞趋化性和嗜中性黏附分子的表达来调节炎症反应;在增殖期,雌激素对角质形成细胞具有促有丝分裂的作用,可增加创面的再上皮化速率;在重塑期,雌激素可通过调控成纤维细胞对蛋白酶的分泌,进而影响胶原的降解,调节重塑期的进程^[3]。

采用化学药物造成胰岛细胞损伤可制备糖尿病模型,其中以链脲佐菌素最为常用,少数也使用四氧嘧啶。针对不同动物,所用化学药物的剂量存在明显不同。链脲佐菌素导致糖尿病的机制尚未明确,其可能的原因是 β 细胞通过细胞膜葡萄糖转运体-2摄取链脲佐菌素,引起DNA烷基化损伤,继而诱导多聚二磷酸腺苷核糖聚合酶过度激活,使 β 细胞因能量衰竭而死亡,最终诱发糖尿病;此外,链脲佐菌素还可能通过抑制O-连接氮乙酰葡萄糖胺糖苷酶,使得氮乙酰葡萄糖胺堆积,影响胰岛素的释放^[4]。四氧嘧啶是一种细胞毒剂,选择性损伤动物的胰岛 β 细胞,使胰岛分泌功能丧失,血糖升高,形成多饮、多食、多尿的典型糖尿病表现。然而四氧嘧啶造模的安全剂量范围较窄,剂量偏小时造模往往不能成功,剂量偏大时容易造成动物死亡^[5-6]。因此,目前实

验多采用链脲佐菌素制作糖尿病动物模型。另外,造模试剂大多采用腹腔注射的方式,少数采用尾静脉注射,且大多为一次性注射,而造模试剂所用剂量与造模时间的跨度较大。

造成糖尿病动物皮肤损伤的方式有多种,但从便于给药的角度考虑,笔者认为宜在动物背部制作创面,以保证在给药及饲养期间动物不易对创面造成破坏,保证实验顺利进行。关于皮肤损伤面积大小,经统计,大鼠以创面直径为1.5~2.0 cm最常用,小鼠以创面直径为0.8~1.0 cm最常用;而兔创面面积不具有规律性,可根据需要自行选择;约克猪创面直径一般为5.0 cm。

糖尿病创面愈合异常涉及多种细胞及细胞因子网络的共同作用,单个作用靶点很难达到较好的长期临床疗效。现有的资料表明,多种药物或物理干预都具有促进糖尿病创面愈合的作用,如果在受试物作用机制清楚的情况下,可综合使用多种受试物或采用序贯疗法,应该能取得较好的治疗效果。此外,干细胞疗法及配合物理疗法是目前在促进糖尿病创面修复方面比较有潜力的治疗方法。

通过本次文献分析,笔者认为后续开展糖尿病皮肤损伤模型的制备时,推荐以下适宜的造模方法:应用雄性SD大鼠,一次性腹腔注射链脲佐菌素65 mg/kg,以随机血糖值大于16.7 mmol/L为糖尿病模型建立的考察指标,于背部制作创面直径为1.8 cm(约1角硬币大小)的皮肤损伤。

参考文献:

- [1] CHO N H, SHAW J E, KARURANGA S, et al. IDF Diabetes Atlas: Global estimates of diabetes prevalence for 2017 and projections for 2045[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2018, 138: 271-281. DOI: 10.1016/j.diabres.2018.02.023.
- [2] ARMSTRONG DG, BOULTON A, BUS SA. Diabetic foot ulcers and their recurrence[J]. *N Engl J Med*, 2017, 376(24):2367-75. DOI:10.1056/NEJMra1615439.
- [3] HORNG H C, CHANG W H, YEH C C, et al. Estrogen effects on wound healing[J]. *Int J Mol Sci*, 2017, 18(11): 1-4. DOI:10.3390/ijms18112325.
- [4] ELLIOT S, WIKRAMANAYAKE T C, JOZIC I, et al. A modeling conundrum: Murine models for cutaneous

- wound healing[J]. J Invest Dermatol, 2018, 138(4):736-740. DOI:10.1016/j.jid.2017.12.001.
- [5] IGHODARO O M, ADEOSUN A M, AKINLOYE O A. Alloxan-induced diabetes, a common model for evaluating the glycemic-control potential of therapeutic compounds and plants extracts in experimental studies [J]. Medicina (Kaunas), 2017, 53(6): 365-374. DOI: 10.1016/j.medici.2018.02.001.
- [6] RADENKOVIĆ M, STOJANOVIĆ M, PROSTRAN M. Experimental diabetes induced by alloxan and streptozotocin: The current state of the art[J]. J Pharmacol Toxicol Methods, 2016, 78: 13-31. DOI: 10.1016/j.vascn.2015.11.004.
- (收稿日期: 2021-01-21 修回日期: 2021-06-20)

《实验动物与比较医学》常用英文缩略词表

英文缩略词	英文全称	中文全称(备注)
WHO	World Health Organization	世界卫生组织
FDA	Food and Drug Administration	食品药品监督管理局(美国)
SPF	specific pathogen-free	无特定病原体(动物饲养条件)
PCR	polymerase chain reaction	聚合酶链式反应
CT	computerized tomography	计算机体层摄影[术]
ELISA	enzyme-linked immunosorbent assay	酶联免疫吸附测定
CCK-8	cell counting kit-8	细胞计数试剂盒-8
MTT	thiazolyl blue	噻唑蓝(细胞增殖活性检测试剂)
BCA	bicinchoninic acid	二辛可宁酸(蛋白浓度测定试剂)
PAGE	polyacrylamide gel electrophoresis	聚丙烯酰胺凝胶电泳
SDS	sodium dodecyl sulfate	十二烷基硫酸钠
DMSO	dimethyl sulfoxide	二甲基亚砷
EDTA	ethylenediamine tetraacetic acid	乙二胺四乙酸
SP	streptavidin-peroxidase	链霉抗生物素蛋白-过氧化物酶
HE	hematoxylin and eosin (staining)	苏木精-伊红[染色]
DAB	3,3' diaminobenzidine	二氨基联苯胺[显色]
ddH2O	distillation-distillation H2O	双蒸水
PBS	phosphate-buffered saline	磷酸盐缓冲溶液
DPBS	Dulbecco's phosphate-buffered saline	杜氏磷酸盐缓冲液
PBST	phosphate-buffered saline with Tween-20	含 Tween-20 的磷酸盐缓冲液
TBST	Tris-buffered saline with Tween-20	含 Tween-20 的 Tris 盐酸缓冲液
DEPC	diethyl pyrocarbonate	焦碳酸二乙酯[水]
DAPI	4',6-diamidino-2-phenylindole	4',6-二脒基-2-苯基吲哚
FITC	fluorescein insothiocyanate	异硫氰酸荧光素
PE	phycoerythrin	藻红蛋白
PVDF	polyvinylidene difluoride	聚偏二氟乙烯[膜]
RIPA	radio immunoprecipitation assay	放射免疫沉淀法[裂解液]
FBS	fetal bovine serum	胎牛血清
BSA	bovine serum albumin	牛血清白蛋白
PI	propidium iodide	碘化丙啶
Bcl-2	B-cell lymphoma-2	B 淋巴细胞瘤-2 基因
GAPDH	glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase	甘油醛-3-磷酸脱氢酶(内参)
Ras	rat sarcoma gene	大鼠肉瘤基因
DNA	deoxyribonucleic acid	脱氧核糖核酸
RNA	ribonucleic acid	核糖核酸
cDNA	complementary DNA	互补(反向转录)DNA
siRNA	small interfering RNA	小干扰 RNA
miRNA	microRNA	微 RNA

《实验动物与比较医学》编辑部