

七叶皂苷钠对腰椎间盘突出症大鼠背根神经节 VGSCs 表达的影响*

王培鑫¹, 赵军^{2△}, 徐世红², 王兴盛², 李琦璠¹, 王晓帅¹, 张辰¹, 朱欢¹, 袁剑¹

1 甘肃中医药大学, 甘肃兰州 730000; 2 甘肃省中医院, 甘肃兰州 730050

[摘要] 目的: 观察七叶皂苷钠硬膜外腔注射对腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)模型大鼠背根神经节(dorsal root ganglion, DRG)神经元细胞电压门控钠离子通道(voltage-gated sodium channels, VGSCs)及相关炎症因子表达的影响。方法: 将32只雄性SD大鼠随机分为空白组、假手术组、髓核组、七叶皂苷钠组, 每组8只。造模成功后开始干预, 七叶皂苷钠组以0.065 mg/kg剂量干预, 其他3组不予药物干预, 自由饮食水。干预后采用酶联免疫吸附试验(enzyme linked immunosorbent assay, ELISA)检测各组大鼠DRG组织肿瘤坏死因子 α (tumor necrosis factor α , TNF- α)及白细胞介素6(interleukin-6, IL-6)表达水平; 逆转录聚合酶链式反应(reverse transcription-PCR, RT-PCR)检测各组大鼠DRG组织中Nav1.3、Nav1.7、Nav1.8 mRNA表达; 苏木精-伊红染色法(hematoxylin-eosin staining, HE)检测各组大鼠DRG组织形态学变化情况, 并比较造模前1天及造模后第1、5、10、14天各组大鼠机械痛阈值和热痛阈值。结果: 与髓核组比较, 七叶皂苷钠组大鼠DRG组织形态学结构改善明显, 机械痛阈值及热痛阈值升高($P < 0.05$), 且DRG组织中Nav1.3、Nav1.7、Nav1.8 mRNA及TNF- α 、IL-6表达降低($P < 0.05$)。结论: 七叶皂苷钠硬膜外腔注射对LDH模型大鼠具有一定镇痛作用, 其作用机制可能与七叶皂苷钠抑制Nav1.3、Nav1.7、Nav1.8及TNF- α 、IL-6的表达有关。

[关键词] 椎间盘突出症; 腰; 背根神经节; 电压门控钠通道; 七叶皂苷钠

[中图分类号] R274.9 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2096-9600(2025)06-0029-05

Influence of Sodium Aescinate Injection on the Expressions of VGSCs in Dorsal Root Ganglion of LDH Rats

WANG Peixin¹, ZHAO Jun^{2△}, XU Shihong², WANG Xingsheng², LI Yufan¹, WANG Xiaoshuai¹, ZHANG Chen¹, ZHU Huan¹, YUAN Jian¹

1 Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China;

2 Gansu Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730050, China

Abstract Objective: To observe the effects of epidural injection of sodium aescinate on the expressions of voltage-gated sodium channels (VGSCs) and related inflammatory factors in the neuronal cells of dorsal root ganglion (DRG) of the rats with lumbar disc herniation (LDH). Methods: All 32 male SD rats were randomized into the blank group, sham operation group, nucleus pulposus group and sodium aescinate group, eight rats in each group. The intervention started after successfully modeling, sodium aescinate group was intervened at a dose of 0.065 mg/kg, other three groups remained unhandled and they were on a free diet. After the intervention, ELISA was used to detect the expressions of TNF- α and IL-6 in DRG of the rats in different groups, RT-PCR was applied to detect the expressions of Nav1.3, Nav1.7 and Nav1.8 mRNA in DRG of the rats in different groups; and HE was adopted to observe histomorphological changes of DRG of the rats, to compare paw withdrawal threshold (PWT) and thermal pain thresholds of rats in each group on the day before modeling, the first, fifth, tenth and fourteenth day after modeling. Results: Compared with nucleus pulposus group, the improvements of histomorphological structure of DRG were evident in sodium aescinate group, PWT and thermal pain thresholds were elevated ($P < 0.05$), and the expressions of Nav1.3, Nav1.7 and Nav1.8 mRNA, and the levels of TNF- α and IL-6 were reduced in DRG tissue ($P < 0.05$). Conclusion: Epidural injection of sodium aescinate has certain analgesic effects on LDH model rats, and its mechanism may be related to the inhibition of the levels of Nav1.3, Nav1.7 and Nav1.8, TNF- α and IL-6 by the medicine.

Keywords intervertebral disc herniation, lumbar; dorsal root ganglion; VGSCs; sodium aescinate

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)是临床常见病及多发病,也是神经根性疼痛的主要病因,严重影响患者的日常生活及工作,如

何缓解LDH患者疼痛是当下医学领域亟待解决的问题之一^[1-3]。LDH所致疼痛不仅与背根神经节(dorsal root ganglion, DRG)神经元上离子通道

的改变导致异常放电产生过多的痛觉信号有关,而且与DRG炎症密切相关^[4]。

中医药对LDH的治疗效果显著,可改善LDH患者疼痛症状,降低炎症因子表达水平^[5]。七叶皂苷钠是应用现代工艺制药技术,从中药天师栗中提取得到的三萜皂苷类衍生物。相关研究^[6-7]表明,七叶皂苷钠具有抗炎、抗渗出、改善微循环等作用,且七叶皂苷钠通过鞘内注射给药治疗大鼠神经病理性疼痛中具有显著疗效,但其作用机制尚未明确。因此,本研究通过建立LDH大鼠模型,研究七叶皂苷钠硬膜外腔注射对LDH模型大鼠发挥镇痛作用的可能作用机制,为今后临床用药提供依据。

1 材料与方法

1.1 动物 SPF级SD雄性大鼠32只,体质量(260±20)g。饲养于甘肃中医药大学动物实验中心,12小时昼夜节律,自由饮食,定期更换无菌垫料。动物由斯贝福(北京)生物技术有限公司提供,许可证号:SCXK(京)2019-0010。本研究经甘肃中医药大学动物伦理委员会审查批准(2022-803)。

1.2 药物与试剂 注射用七叶皂苷钠(山东绿叶制药有限公司,批号:220502606);水合氯醛(天津市大茂化学试剂厂,批号:20211201);伊红(北京索莱宝生物科技有限公司,批号:G1378);苏木素(北京索莱宝生物科技有限公司,批号:G1200);肿瘤坏死因子 α (tumor necrosis factor α , TNF- α)试剂盒(杭州科联生物技术股份有限公司,批号:A382H20757);白细胞介素6(interleukin-6, IL-6)试剂盒(杭州科联生物技术股份有限公司,批号:A306H21124);反转录试剂盒(上海翊圣生物科技有限公司,批号:11141-C);荧光定量试剂盒(上海翊圣生物科技有限公司,批号:11202ES08)。

1.3 主要仪器 JB-P5型包埋机(俊杰电子有限公司);RM2016型病理切片机(上海莱卡仪器有限公司);KD-P型组织摊片机(上海莱卡仪器有限公司);JXFSTPRP-24L型全自动样品快速研磨仪(上海净信);CT14RD型台式高速冷冻离心机(Eppendorf);ABI-9700PCR型扩增仪(Applied biosystems);RS232C型微量核酸测定仪(Eppendorf);Quantstudio 3型荧光定量PCR仪(Thermofisher)

1.4 实验方法

1.4.1 分组及造模 采用随机数字表法将32只雄性大鼠随机分为空白组、假手术组、髓核组、七叶皂苷钠组,每组8只。大鼠造模参照文献^[8]中自体髓核移植法建造LDH动物模型。硬膜外腔留置导管给药参照文献^[9]中的方法留置导管。七

叶皂苷钠组大鼠术前12 h禁食水,腹腔注射10%水合氯醛进行麻醉,手术部位备皮后消毒,依次切开皮肤及皮下组织,充分暴露L₅右侧椎体椎板、乳状突及横突,并暴露右侧L₅脊神经根,用生理盐水湿纱布覆盖伤口;在大鼠尾端近根部位进行断尾,充分分离暴露出2~4个椎间盘间隙,取出尾端自体髓核将其置于距离L₅ DRG约2 mm处,用3-0丝线缝合尾端;再将PE-0603导管一端于8 mm处打结,在L₅半椎管切除处使用PE导管向大鼠头侧放入硬膜外腔约4 mm,使用缝合线将打结处缝合固定在大鼠椎旁肌,逐层缝合。空白组大鼠不做任何手术处理,正常饲养。假手术组大鼠造模方法同七叶皂苷钠组,不断尾取髓核加以干预。髓核组大鼠造模方法同七叶皂苷钠组,不行硬膜外腔置管。

1.4.2 干预方法 造模成功后,将大鼠置于EVC笼盒,单笼饲养,造模大鼠伤口使用红霉素软膏进行涂抹以预防伤口感染,当天禁食水,自术后第2天起给予正常饮食水。七叶皂苷钠组给药剂量为0.065 mg/kg,于术后第1天开始硬膜外腔给药干预,每3天1次,第14天取材,其他3组大鼠不予药物干预,自由饮食水。

1.5 检测指标

1.5.1 机械痛阈值检测 于术前1天及术后第1、5、10、14天测定,将待测大鼠安静15 min,用VonFrey电子测痛仪刺激大鼠后肢足底中心皮肤,出现舔足、抬足逃避等缩足阳性反应时记录测痛仪数值,连续测量5次,每次间隔3 min,去除最大值和最小值,计算3次平均值即为大鼠机械痛阈值。

1.5.2 热痛阈值检测 于术前1天及术后第1、5、10、14天测定,将待测大鼠安静15 min,足底测痛仪刺激大鼠后肢足底中心皮肤,出现舔足、抬足逃避等阳性反应时读足底测痛仪上的值,连续测量5次,每次间隔3 min,去除最大值和最小值,计算3次平均值即为大鼠热痛阈值。

1.5.3 大鼠DRG组织形态学变化 干预后将各组大鼠腹腔麻醉后处死,取每只大鼠L₅ DRG组织,一部分组织立即置入4%多聚甲醛固定液中固定,剩余部分迅速置入液氮罐中保存,苏木精-伊红染色法(hematoxylin-eosin staining, HE)检测各组大鼠DRG组织形态学变化情况。

1.5.4 DRG组织中炎症因子含量测定 使用研磨仪将DRG组织制成10%的组织匀浆,离心半径10 cm,1200 r/min离心5 min,吸取上清液并进行分装,保存于-80 °C冰箱备用。采用ELISA试

剂盒检测 TNF- α 和 IL-6 的表达情况。

1.5.5 DRG 组织中 Nav1.3、Nav1.7、Nav1.8 mRNA 表达检测 将冻存于液氮罐中的 DRG 组织称量后迅速转移至用液氮预冷的研磨仪中,研磨后将匀浆液转移至离心管中,室温静置 5 min,离心半径 10 cm,12 000 r/min 离心 10 min。吸取上清液,进行 Total RNA 提取, RNA 样品制备,配 RT 反应液(反应液配制在冰上进行)。逆转录反应完成后,行实时荧光定量 PCR 检测,参照实时荧光定量 PCR 试剂盒说明书,扩增采用两步法反应,利用实时荧光定量 PCR 仪检测,数据采用 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 算法进行目的基因各组间相对定量分析。

1.6 统计学方法 采用 SPSS 25.0 统计软件分析数据,对于服从正态或近似服从正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示;组内前后差异比较,采用配对 t 检验;组间差异比较,采用单因素方差分析;当方差齐则选用 LSD- t 行多重比较;当方差不齐则选用 Tamhane's T_2 行多重比较; $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 机械痛阈值 造模后空白组和假手术组不同时间点机械痛阈值无明显变化,差异无统计学意义($P > 0.05$);与空白组比较,术后第 1 天髓核组和七叶皂苷钠组不同时间点机械痛阈值均低于空白组($P < 0.05$),但第 1~14 天整体呈升高趋势;与髓核组比较,七叶皂苷钠组第 10、14 天七叶皂苷钠组机械痛阈值均升高,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

2.2 热痛阈值 造模后空白组和假手术组不同时间点热痛阈值无明显变化,差异无统计学意义($P > 0.05$);与空白组比较,术后第 1 天髓核组和

七叶皂苷钠组不同时间点热痛阈值均低于空白组($P < 0.05$),但第 1~14 天整体呈升高趋势;与髓核组比较,七叶皂苷钠组第 10、14 天七叶皂苷钠组机械痛阈值均升高,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 DRG 组织中 Nav1.3、Nav1.7 及 Nav1.8 mRNA 表达 髓核组 Nav1.3、Nav1.7 和 Nav1.8 mRNA 相对表达量高于空白组和假手术组,差异具有统计学意义($P < 0.05$);七叶皂苷钠组 Nav1.3、Nav1.7 和 Nav1.8 mRNA 相对表达量高于空白组,低于髓核组,Nav1.3、Nav1.8 mRNA 相对表达量与空白组比较差异具有统计学意义($P < 0.05$),Nav1.7 mRNA 相对表达量与空白组比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 3。

2.4 DRG 组织中炎症因子含量 髓核组 TNF- α 、IL-6 含量高于空白组和假手术组,差异具有统计学意义($P < 0.05$);七叶皂苷钠组 TNF- α 、IL-6 含量高于空白组,低于髓核组,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。见表 3。

2.5 DRG 组织形态学变化情况 空白组、假手术组大鼠 DRG 组织形态观察正常,细胞核位于细胞中央,密度平均,较大呈圆形,核仁居中,质地较清晰,细胞质内存在排列较均匀的颗粒状物尼氏小体,无炎症性浸润;髓核组 DRG 细胞水肿明显,细胞核变形、核仁偏移,部分消失,细胞质内尼氏小体减少、颜色变浅,细胞质部分溶解,呈现出空泡样改变,细胞间隙距离增宽伴有炎性改变;七叶皂苷钠组背根神经节组织形态大体正常,多数细胞核位于细胞中央,密度一般,细胞质内存在排列的颗粒状尼氏小体,细胞间隙略增宽,少数炎症性改变。见图 1。

表 1 各组大鼠不同时间点右下肢机械痛阈值比较($\bar{x} \pm s$)

组别	鼠数	术前 1 天	术后 1 天	术后 5 天	术后 10 天	术后 14 天
空白组	8	39.15 \pm 0.73	39.03 \pm 0.59	39.26 \pm 0.97	39.27 \pm 0.72	39.21 \pm 0.52
假手术组	8	39.06 \pm 0.63	39.07 \pm 0.45	38.89 \pm 0.73	39.35 \pm 0.64	38.97 \pm 0.72
髓核组	8	39.33 \pm 0.54	8.15 \pm 0.27 [#]	8.20 \pm 0.24 [#]	8.45 \pm 0.28 [#]	8.91 \pm 0.23 [#]
七叶皂苷钠组	8	39.00 \pm 0.80	8.14 \pm 0.26 [#]	10.17 \pm 0.48 [#]	17.09 \pm 0.38 ^{**}	21.52 \pm 0.66 ^{**}

注:#表示与空白组比较, $P < 0.05$;*表示与髓核组比较, $P < 0.05$

表 2 各组大鼠不同时间点热痛阈值比较($\bar{x} \pm s$)

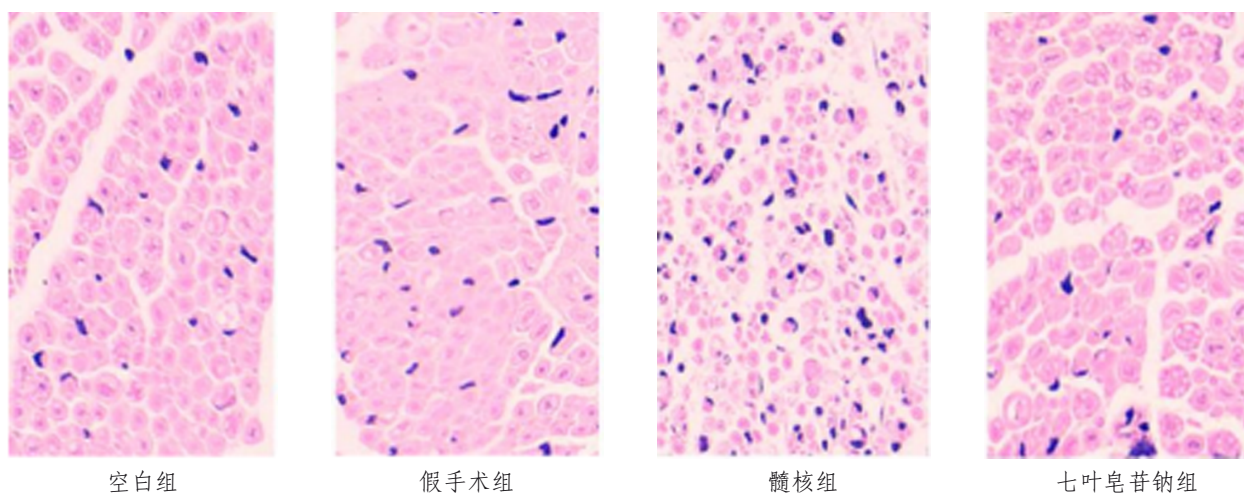
组别	鼠数	术前 1 天	术后 1 天	术后 5 天	术后 10 天	术后 14 天
空白组	8	21.26 \pm 0.21	21.42 \pm 0.24	21.30 \pm 0.27	21.33 \pm 0.23	21.29 \pm 0.32
假手术组	8	21.27 \pm 0.30	21.11 \pm 0.40	21.21 \pm 0.43	21.18 \pm 0.41	21.16 \pm 0.45
髓核组	8	21.08 \pm 0.41	7.18 \pm 0.31 [#]	7.58 \pm 0.35 [#]	7.99 \pm 0.28 [#]	8.13 \pm 0.29 [#]
七叶皂苷钠组	8	21.19 \pm 0.35	7.14 \pm 0.26 [#]	8.79 \pm 0.34 [#]	11.89 \pm 0.35 ^{**}	16.08 \pm 0.24 ^{**}

注:#表示与空白组比较, $P < 0.05$;*表示与髓核组比较, $P < 0.05$

表3 各组大鼠DRG组织中Nav1.3、Nav1.7、Nav1.8 mRNA及TNF- α 、IL-6表达比较($\bar{x} \pm s$)

组别	鼠数	Nav1.3	Nav1.7	Nav1.8	TNF- α (pg/mL)	IL-6(pg/mL)
空白组	8	1.01 \pm 0.18	1.01 \pm 0.16	1.00 \pm 0.08	12.56 \pm 1.05	19.67 \pm 1.57
假手术组	8	1.09 \pm 0.17*	0.97 \pm 0.36*	0.99 \pm 0.16*	12.44 \pm 1.42*	19.95 \pm 1.45*
髓核组	8	2.13 \pm 0.26 [#]	2.11 \pm 0.21 [#]	2.06 \pm 0.16 [#]	34.01 \pm 1.48 [#]	62.63 \pm 1.04 [#]
七叶皂苷钠组	8	1.50 \pm 0.30**	1.55 \pm 0.46	1.36 \pm 0.28**	23.40 \pm 1.24**	39.47 \pm 1.62**

注: #表示与空白组比较, $P < 0.05$; *表示与髓核组比较, $P < 0.05$

图1 LDH模型大鼠DRG组织形态学变化情况(HE, $\times 20$)

3 讨论

LDH是椎间盘退行性变、纤维环破裂、髓核刺激、神经根受压或马尾压迫的结果,主要症状是腰痛和坐骨神经痛,对生活质量有显著影响^[10-12]。七叶皂苷钠是娑罗子主要有效活性成分,具有神经保护作用,相关研究发现七叶皂苷钠可缓解外周神经病理性疼痛,其机制与多种蛋白及细胞因子的表达相关^[13]。本实验通过建立LDH模型大鼠发现,造模后10天、14天七叶皂苷钠组机械痛阈值、热痛阈值均有所升高。表明七叶皂苷钠硬膜外腔注射可抑制自体髓核移植模型大鼠机械痛阈和热痛阈觉过敏,可能具有一定的镇痛作用。此外,本研究观察了各组大鼠DRG组织形态,发现空白组、假手术组大鼠DRG组织形态观察正常,无炎症性浸润。而髓核组DRG细胞水肿明显,细胞间隙距离增宽伴有炎性改变,七叶皂苷钠组背根神经节组织形态大体正常,细胞间隙略增宽伴有少数炎症性改变。上述实验表明七叶皂苷钠硬膜外腔注射可以减轻DRG细胞水肿,减少炎症发生,这可能与七叶皂苷钠硬膜外腔注射的镇痛作用存在相关性,但是其具体作用机制尚不清楚,本实验做了进一步研究。

LDH诱发的神经根性疼痛病是慢性神经性疼痛的最常见原因,患者主要表现为痛觉过敏、异常

性疼痛和下肢自发性放射痛^[14]。先前的研究表明,在相关的DRG感觉神经元中,由机械和炎症损伤引起的多种疼痛信号的过度激活和神经元过度兴奋是LDH诱导的疼痛神经根病的核心^[15]。DRG的初级传入伤害感受器的兴奋性增加,该感受器将外周刺激传递到中枢神经系统的动作电位。初级感觉神经元的敏化由许多离子通道维持,其中VGSC是完整的膜乙二醇蛋白,在可兴奋细胞中对动作电位的产生和传导至关重要,在调节神经元兴奋性中起着至关重要的作用。哺乳动物VGSC的亚基分为九种不同的亚型,其中Nav1.3、Nav1.7和Nav1.8三种亚型在动作电位的传导中发挥重要作用。本研究发现,髓核组Nav1.3、Nav1.7和Nav1.8 mRNA相对表达量显著高于空白组和假手术组,七叶皂苷钠组Nav1.3、Nav1.7和Nav1.8 mRNA相对表达量高于空白组,低于髓核组,表明其发挥镇痛作用可能与抑制Nav1.3、Nav1.7和Nav1.8表达相关。

LDH所致疼痛,不仅与DRG神经元上离子通道的改变导致异常放电产生过多的痛觉信号有关,而且与背根神经节炎症密切相关。当腰椎间盘突出症发生后突出的髓核会释放多种炎症因子,增加其上感受器敏感性,从而加重疼痛^[16]。此外,近年来各种免疫学、免疫组化和分子生物学研究也

表明,突出的组织能够释放一系列炎症介质,其中细胞因子如 IL-1、IL-6、IL-8 和 TNF 的表达最多^[17]。刘超等^[18]使用 β -七叶皂苷钠和复方丹参注射液治疗坐骨神经痛患者,结果表明 β -七叶皂苷钠组有效率(97.61%)高于复方丹参注射液组(80.95%),其可减轻神经根肿胀和充血而缓解疼痛。本研究发现,髓核组 TNF- α 、IL-6 含量高于空白组和假手术组,七叶皂苷钠组 TNF- α 、IL-6 含量高于空白组、低于髓核组,表明其具有一定抗炎作用,其抗炎作用可能是抑制 LDH 患者疼痛的机制之一。

综上所述,七叶皂苷钠在临床应用中疗效显著,相关学者应用其髓管注射治疗神经病理性疼痛的动物实验研究中表现出优良疗效。本研究结合 DRG 解剖学及相关电生理学基础,表明硬膜外腔注射治疗 LDH 神经根性疼痛与 Nav1.3、Nav1.7 和 Nav1.8 离子通道及炎症因子 TNF- α 、IL-6 的表达相关,为临床治疗 LDH 患者神经根性疼痛提供了依据。

参考文献

- [1] HORNUNG A L, BARAJAS J N, RUDISILL S S, et al. Prediction of lumbar disc herniation resorption in symptomatic patients: a prospective, multi-imaging and clinical phenotype study[J]. Spine J, 2023, 23(2): 247-260.
- [2] JITPAKDEE K, LIU Y, KOTHEERANURAK V, et al. Transforaminal versus interlaminar endoscopic lumbar discectomy for lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis[J]. Global Spine J, 2023, 13(2): 575-587.
- [3] 韩杰, 温帅波, 徐志为, 等. 基于数据挖掘探讨国医大师韦贵康治疗腰椎间盘突出症的用药规律[J]. 西部中医药, 2024, 37(5): 66-71.
- [4] TIBBS G R, POSSON D J, GOLDSTEIN P A. Voltage-gated ion channels in the PNS: novel therapies for neuropathic pain[J]. Trends Pharmacol Sci, 2016, 37(7): 522-542.
- [5] 杨伟, 高景华, 高春雨, 等. 舒筋健腰丸对腰椎间盘突出症患者腰痛及下肢窜痛的改善作用和安全性评价[J]. 西部中医药, 2022, 35(9): 103-106.
- [6] 杨名, 裴晓华. 娑罗子中有效成分的药理学及临床应用[J]. 世界中医药, 2017, 12(12): 3138-3141.
- [7] 何圭国, 丁丽丽. 活血逐瘀通痹汤联合甲钴胺、七叶皂苷钠治疗腰椎间盘突出症的疗效观察[J]. 中国中医药科技, 2023, 30(5): 1017-1019.
- [8] 许刚, 张长春, 朱坤, 等. miR-141-3p 对腰椎间盘突出症大鼠背根神经节炎症及下肢疼痛的抑制和改善作用[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(16): 2593-2598.
- [9] 魏明, 张劲军, 贺秋兰, 等. 新型腰椎间盘突出致坐骨神经痛大鼠模型及硬膜外腔置管方法的建立[J]. 中国疼痛医学杂志, 2011, 17(12): 744-748.
- [10] XU W, DING W, SHENG H, et al. Dexamethasone suppresses radicular pain through targeting the 1-pgdg/pi3k/akt pathway in Rats With Lumbar Disc Herniation[J]. Pain Pract, 2021, 21(1): 64-74.
- [11] YU P, MAO F, CHEN J, et al. Characteristics and mechanisms of resorption in lumbar disc herniation[J]. Arthritis Res Ther, 2022, 24(1): 205.
- [12] 左高骞, 何育风, 张龙, 等. 推拿治疗腰椎间盘突出症的机制研究[J]. 西部中医药, 2024, 37(4): 97-100.
- [13] 石沁, 叶利春, 杜文杰, 等. 中药多组分提取物七叶皂苷钠的指纹图谱研究及其在质量控制中的应用[J]. 中国医院药学杂志, 2018, 38(13): 1367-1371.
- [14] 颜素珍. 电针压痛点结合触激脊神经根治疗腰椎间盘突出症的临床观察[J]. 中国医药指南, 2022, 20(25): 129-131.
- [15] LIU Y, LI J, LI H, et al. AMP-activated protein kinase activation in dorsal root ganglion suppresses mTOR/p70S6K signaling and alleviates painful radiculopathies in lumbar disc herniation rat model[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2019, 44(15): 865-872.
- [16] KIM H, HONG J Y, LEE J, et al. IL-1 β promotes disc degeneration and inflammation through direct injection of intervertebral disc in a rat lumbar disc herniation model[J]. Spine J, 2021, 21(6): 1031-1041.
- [17] COSAMALON-GAN I, COSAMALON-GAN T, MATTOS-PIAGGIO G, et al. Inflammation in the intervertebral disc herniation[J]. Neurocirugia (Astur: Engl Ed), 2021, 32(1): 21-35.
- [18] 刘超. β -七叶皂苷钠治疗坐骨神经痛临床疗效观[J]. 临床医药文献电子杂志, 2018, 5(35): 25-26.

收稿日期: 2024-08-11

*基金项目: 甘肃省自然科学基金(20JR10RA360)。

作者简介: 王培鑫(1999—), 男, 在读硕士研究生, 医师。研究方向: 骨伤科疾病的中医药防治。

△通讯作者: 赵军(1973—), 男, 硕士研究生导师, 主任医师, 甘肃省名中医。研究方向: 骨伤科疾病的中医药防治。Email: 673078008@qq.com。