

脉冲射频联合神经阻滞 C₂ 背根神经节治疗 带状疱疹后神经痛：一项前瞻性随机对照试验 *

郎海云 吕亮亮 都义日[△]

(内蒙古医科大学附属医院麻醉疼痛科, 呼和浩特 010050)

带状疱疹后神经痛 (postherpetic neuralgia, PHN) 是带状疱疹 (herpes zoster, HZ) 急性期皮损消退后最常见的并发症, 以顽固的持续的自发性疼痛伴阵发性射击样或电击样疼痛为临床特征^[1], 并在患区内出现明显的神经损伤后遗症状, 给病人身心带来极大的痛苦, 严重影响病人的生活质量。目前临床常用的 PHN 治疗方法包括: 口服药物 (镇痛药联合抗病毒药和营养神经药等)、介入治疗 (神经阻滞、硬膜外镇痛及经皮电刺激等) 及其他物理治疗 (超短波、高电压长时程脉冲射频、针灸等), 但上述治疗方式均存在各自的局限性。脉冲射频 (pulsed radiofrequency, PRF) 技术在疼痛介入治疗方面应用价值已获肯定, 超声引导下背根神经节 PRF 是治疗 PHN 的一种经典方案^[2], 但是不同的 HZ 病变区域以及不同穿刺路径的疗效各有差异, 究竟以何种路径实施治疗存有争议。外周神经阻滞是临床治疗颈源性头痛的常用方法, 其中枕大神经阻滞因其操作简便、临床效果确切而成为最常应用于头枕部 PHN 的治疗方法, 但枕大神经阻滞存在的弊端是镇痛时效短暂, 因此在临床推广过程中存在局限性。近年来随着关于神经阻滞方法的研究, 背根神经节已成为神经病理性疼痛发病机制及其治疗靶区的研究重点^[3]; 临床诊疗中发现背根神经节其镇痛效果佳、时效长, 可减少相关药物的服用, 从而减轻药物的不良反应及对药物的依赖性, 超声可视化技术支撑下提高了操作的准确性和安全性, C₂ 背根神经节位于椎动脉及脊髓之间^[4], 支配了寰枢关节椎体前肌和部分胸锁乳突肌及上颈部肌肉, 对头颈交界处及枕顶部的感觉及运动施加影响^[4,5]。C₂ 背根神经节阻滞时部分药物可通过神经根鞘进入硬膜外腔直接影响高位脊髓^[5-7], 对头面部感觉传导的调节作用较好。但 C₂ 脊神经阻滞具有一定的穿刺难度, 对可视化要求高, 既往在 C₂ 背根神经节路径基础上, 将 PRF 与神经阻滞联合用于头枕部 PHN 的治疗方法研究较少。基于已被证实

的 C₂ 背根神经节在头枕部 PHN 微创治疗的靶点作用以及超声技术辅助背根神经节 PRF 的特点, 本研究探讨超声引导下 C₂ 背根神经节 PRF 联合神经阻滞治疗头枕部 PHN 的临床疗效, 并与枕大神经联合 C₃、C₄ 神经根阻滞治疗进行比较, 以期临床头枕部 PHN 治疗提供更多的循证医学依据。

方 法

1. 一般资料

本研究通过内蒙古医科大学附属医院伦理委员会审核 [伦理批号 NO.WZ (2023049)], 并签署知情同意书。选择 2019 年 6 月至 2022 年 9 月麻醉疼痛科收治的 PHN 病人 52 例, 其中男性 22 例、女性 30 例, 年龄 55~70 岁, 体重指数 (body mass index, BMI) $20.9 \pm 3.0 \text{ kg/m}^2$, 均存在闪电样、刀割样、烧灼样疼痛和混合样疼痛。

纳入标准: ①符合 PHN 的诊断标准^[8]; ②疱疹病变位于头枕部, 累及第 2 至第 3 颈神经分布区, 疼痛范围波及至第 4 颈神经支配区域; ③听力、视力及神经感觉功能正常并能配合完整随访; ④无其他严重器质性病变; ⑤病程 1~6 个月。

排除标准: ①治疗前视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS) 评分 < 4; ②凝血机制障碍; ③头枕穿刺部位有感染灶或肿瘤; ④合并认知障碍或配合欠佳; ⑤孕期或备孕中。

2. 实验分组

由课题研究者设计随机数字表 (指定筛选编号, 1:1 原则随机分配) 分为试验组和对照组, 对照组中男性 10 例、女性 16 例, 年龄 55~70 岁, BMI $(20.9 \pm 3.0) \text{ kg/m}^2$ 。试验组中男性 12 例、女性 14 例, 年龄 55~70 岁, BMI $(20.9 \pm 3.0) \text{ kg/m}^2$, 两组病人之间一般资料比较差异无统计学意义。

两组病人均给予阿昔洛韦、加巴喷丁等基础药

* 基金项目: 高等学校青年科技英才支持计划 (NJYT22020); 内蒙古医科大学附属医院博士启动基金 (NYFY BS 202134); 内蒙古自治区卫生健康科技计划项目 (202201244)

[△] 通信作者 都义日 duyiri10520@sina.com



物治疗。临床中病人疱疹病变主要累及 C₂，但伴随的疼痛范围较广，往往波及 C₃、C₄ 神经支配区域。因此在此基础上对照组采用超声引导下枕大神经阻滞及同侧 C₃、C₄ 神经根阻滞治疗，试验组采用超声引导下 C₂ 背根神经节 PRF + 神经阻滞及 C₃、C₄ 神经根阻滞治疗。两组使用神经阻滞时均给予神经电刺激器辅助。

3. 样本量估算

假设预期效应 OR = 2，使用 “ $n = Z^2 * P(E) * [1 - P(E)] / [OR * P(E) + [1 - P(E)]]$ ” 公式计算样本量。本研究共需样本量 52 例，每组 26 例。

4. 方法

对照组：入手术室后常规行心电图 (electrocardiogram, ECG)、血压 (blood pressure, BP)、心率 (heart rate, HR) 及血氧饱和度 (peripheral oxygen saturation, SpO₂) 监测，根据疱疹区域病人取俯卧位，额下垫薄枕，剃去目标穿刺区周围毛发。术中专用线阵探头，频率 7~13 MHz，长轴扫查头半棘肌及头下斜肌待选穿刺区，获取枕大神经解剖定点超声图像，22G 神经丛刺激针超声引导下，找到枕结节外方 2.5 cm 位置触及枕动脉搏动，紧贴内侧水平进针至枕动脉靶点外侧，行神经分布区域感觉/运动电刺激，初始神经刺激参数：2 Hz，0.3~0.5 mA。观察到枕部相应节段刺激频率与肌肉抽动同步后保持刺激针静止，调整电流为 0.2~0.4 mA 诱发神经分布皮区肌肉运动。抽吸无血液流出即可缓慢推注药物。改取健侧卧位，再次消毒、铺巾，使用超声探头予以短轴扫描，采用 C₃、C₄ 水平穿刺至 U 型槽内神经根，通过周围神经刺激器予以运动刺激确定位置，实施 C₃、C₄ 神经根阻滞，术后常规监护。镇痛药物配方：2% 利多卡因 2.5 ml + 复方倍他米松 1 ml + 甲钴胺 1 ml + 0.9% 氯化钠注射液 4.5 ml。每根神经部位注射镇痛混悬液 3 ml。

试验组：病人取俯卧位，使用线阵探头，频率 7~13 MHz，枕后部中线长轴扫查，暴露头下斜肌，以 C₂（枢椎）棘突为中心，探头稍旋转，斜行扫描，显露双弧形头下斜肌。穿刺点 1% 利多卡因局部浸润麻醉，22G 射频套管针（射频套管针型号：10 cm×5 mm×0.8 mm，针尖工作端为 0.8 mm）超声实时引导行平面内进针，针尖到达头下斜肌目标位置置入射频电极，测定电阻抗 (200~500 Ω)，神经刺激用频率 2 Hz，0.3~0.5 V，待病变区域放射痛或异感诱发时，调整刺激电流为 0.2~0.4 V 诱发神经分布皮区肌肉运动。开启 PRF 模式，脉冲脉宽 10 ms，维持温度 42℃，频率 2 Hz，持续 480 s。

C₃、C₄ 神经根超声定位扫描、穿刺路径同对照组，最后完成 PRF 调节及镇痛药注射（混悬液配方及注射剂量同对照组）。两组所有操作均由同一位医师进行，术后均维持术前用药 2 周，加强术后镇痛指标监测，如疼痛不能耐受，视爆发痛情况（VAS 评分 > 7）给予镇痛药补救（如肌肉注射地佐辛 5 mg）。

5. 观察指标

采用 VAS 评分和睡眠自评量表 (self-rating scale of sleep, SRSS) 评分评估两组病人治疗前 1 天及治疗后 1 天、1 周、1 个月、3 个月时疼痛情况及睡眠状况。

评分标准：① VAS 评分：分值范围在 0~10 分，0 分代表无痛；1~3 分代表轻微疼痛；4~6 分代表疼痛尚可忍受；7~10 分代表疼痛难以忍受。② SRSS 评分：分值范围在 10~50 分，评分越高，睡眠问题越严重；10 分代表无睡眠问题；50 分代表存在最严重的睡眠问题。

观察记录两组穿刺后不良反应及 PHN 发病率。穿刺后不良反应包括穿刺点疼痛、外周水肿、头晕及神经损伤等。对两组治疗前后血清应激反应指标和炎症细胞因子水平变化情况进行检测。检测指标包括：血皮质醇 (serum cortisol, Cor)、血清 C 反应蛋白 (C-reactive protein, CRP)、白细胞介素 6 (interleukin-6, IL-6) 及肿瘤坏死因子 α (tumor necrosis factor-α, TNF-α)。标本采集及处理：所有受试者于治疗前 1 天及治疗后 1 天、1 周采集空腹静脉血 5 ml，静置 30 min 后 3000 rpm 离心 10 min，分离血浆取上清液，-70℃ 冻存待检。血清 Cor、CRP、IL-6、TNF-α 测定用 ELISA 法，试剂盒由北京海诚远宏科技有限公司提供，实验过程按试剂盒说明书进行。

6. 统计学分析

用 SPSS 22.0 统计软件对数据进行处理，计量资料以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm SD$) 表示，符合正态分布计量资料组间比较采用独立样本 *t* 检验，组内行 LSD-*t* 检验或重复测量方差分析，非正态分布用 Mann-Whitney U 检验，计数资料采用频数、构成比进行描述，比较采用 χ^2 检验，*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 两组病人 VAS 评分及 SRSS 评分变化

两组治疗后各时间点的 VAS 评分及 SRSS 评分均较治疗前降低明显 (*P* < 0.05)。与对照组比较，试验组治疗后 1 天、1 周、1 个月时 VAS 评分及 SRSS 评分均明显降低 (*P* < 0.05)；治疗后 3 个月时，两

组 VAS 评分近似, SRSS 评分试验组低于对照组 ($P < 0.05$, 见表 1、2)。

2. 两组病人治疗后 PHN 发病率及不良反应情况
试验组 PHN 发病率明显低于对照组 ($P < 0.05$, 见图 1)。两组治疗后的不良反应发生情况比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$, 见表 3)。

3. 两组病人血清应激指标及炎症细胞因子变化
两组病人治疗前血清 Cor、CPR、IL-6、TNF- α 水平差异无统计学意义。治疗后两组病人血清 Cor、CPR、IL-6、TNF- α 浓度值均低于治疗前。与对照组相比, 试验组治疗后 1 天、1 周的血清 Cor、IL-6、TNF- α 浓度值均降低 ($P < 0.05$), 治疗后 1 天, 试验组血清 CPR 值低于对照组 ($P < 0.05$, 见表 4)。

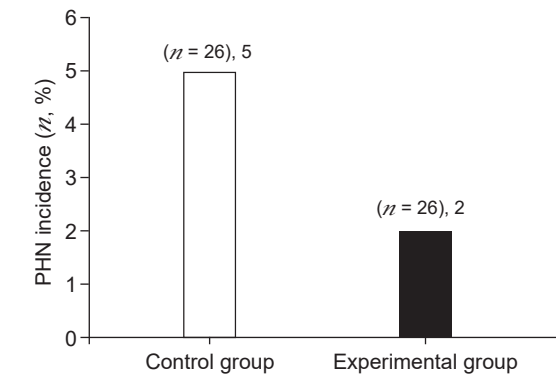


图 1 两组病人治疗后 PHN 发病率情况
* $P < 0.05$, 与对照组相比

表 1 两组病人 VAS 评分比较 ($\bar{x} \pm SD$)

组别	治疗前 1 天	治疗后 1 天	治疗后 1 周	治疗后 1 个月	治疗后 3 个月
对照组 ($n = 26$)	7.37±1.03	2.43±1.30*	2.73±1.15*	3.08±1.21*	2.91±1.56*
试验组 ($n = 26$)	7.43±0.94	2.05±1.27*	2.23±1.24*	2.47±0.92*	2.54±1.41*
t	0.184	2.090	2.996	4.227	1.863
P	0.820	0.040	0.007	0.000	0.176

* $P < 0.05$, 与治疗前相比

表 2 两组病人 SRSS 评分比较 ($\bar{x} \pm SD$)

组别	治疗前 1 天	治疗后 1 天	治疗后 1 周	治疗后 1 个月	治疗后 3 个月
对照组 ($n = 26$)	41.70±5.26	35.67±7.20*	33.70±5.19*	29.30±6.82*	29.05±4.63*
试验组 ($n = 26$)	40.87±4.53	28.62±6.12*	27.23±4.11*	24.92±4.53*	24.21±6.90*
t	0.763	4.616	3.709	2.480	2.388
P	0.495	0.000	0.005	0.021	0.020

* $P < 0.05$, 与治疗前相比

表 3 两组病人穿刺后不良反应比较

组别	穿刺点疼痛 (n)	外周水肿 (n)	头晕 (n)	神经损伤 (n)
对照组 ($n = 26$)	2	4	1	0
试验组 ($n = 26$)	3	3	2	1
χ^2	0.015	0.698	0.034	2.480
P	0.870	0.539	0.851	0.020

表 4 两组病人血清应激指标及炎症细胞因子变化 ($\bar{x} \pm SD$)

指标	对照组 ($n = 26$)	试验组 ($n = 26$)	t	P
Cor (nmol·L ⁻¹)	治疗前 1 天	314.71±45.05	312.16±49.20	0.971
	治疗后 1 天	291.24±42.16*	242.03±40.27*	3.211
	治疗后 1 周	276.39±50.0*	230.11±45.42*	2.290
CRP (nmol·L ⁻¹)	治疗前 1 天	7.59±1.27	7.82±1.62	1.627
	治疗后 1 天	7.79±1.27*	5.62±1.46*	4.750
	治疗后 1 周	6.51±1.40*	5.22±1.85*	1.963
IL-6 (pg·mL ⁻¹)	治疗前 1 天	62.07±6.49	67.25±6.01	0.555
	治疗后 1 天	56.41±7.49*	44.25±5.27*	6.622
	治疗后 1 周	42.33±6.22*	32.25±5.47	7.052
TNF- α (pg·mL ⁻¹)	治疗前 1 天	67.60±10.07	70.27±9.22	1.864
	治疗后 1 天	50.09±8.25*	41.17±9.03*	4.056
	治疗后 1 周	37.88±8.08*	28.23±7.10*	7.821

* $P < 0.05$, 与治疗前相比



讨 论

HZ 是一种常见的病毒性疾病，由潜伏在神经节中的水痘-带状疱疹病毒 (varicella-zoster virus, VZV) 而引起。流行病学研究显示，在 HZ 治愈人群中 9%~34% 会发展为 PHN^[1]，PHN 是一种复杂的神经病理性疼痛，治疗较为困难，特别是颈枕部的 PHN 更属于顽固性神经病理性疼痛。颈枕部 PHN 不但疼痛剧烈而且可引发脊、脑部位功能受损和多发性颅神经损伤，故颈枕部 PHN 治疗一直是神经病理性疼痛临床治疗领域的重点和难点。

神经阻滞联合药物治疗是目前 PHN 的主要治疗方法^[7]，已经被证实对 PHN 疗效确切，可以有效减轻疼痛症状。近年来随着 PRF 技术的发展，PRF 技术在神经病理性疼痛中的应用得到推广。PRF 是一种神经调控方法，PRF 低频脉冲电流在细胞形态、突触联系、疼痛处理通路方面发挥着生物学作用，目前 PRF 已经应用于多种神经病理性疼痛的治疗中^[8]。动物实验和临床研究已证实，在神经阻滞系统行 PRF 具有明确的镇痛效果且具有更快捷及低辐射的优势。PRF 治疗神经病理性疼痛的可能机制首先在于，PRF 电流作用于感觉神经后，通过对神经纤维冲动传导或电生理活动的调控^[8]以及通过激活胶质细胞源性神经营养因子 (glial cell line-derived neurotrophic factor, GDNF) 的表达，使神经纤维 ATP 疼痛相关的离子通道代谢和失活的调控得到改善，对神经病理性疼痛损伤的神经起修复作用^[9]；其次，PRF 通过低频脉冲电流能够激活脊髓疼痛感受抑制系统^[6]，使外周痛觉调节及中枢疼痛介质调控水平得到加强，造成疼痛介质和痛敏的可塑性改变^[10,11]。而 PRF 在 PHN 治疗中的具体作用机制仍有待于进一步明确。

目前，选择性神经根阻滞是临床广泛应用于 PHN 的治疗方法，已经被证实可以有效缓解病人疼痛强度及疼痛次数，得到临床医师和病人的广泛认可。枕大神经阻滞在颈源性头痛和其他原因引起的头颈部 PHN 中发挥着重要作用，已成为疼痛科常规治疗方法。枕大神经阻滞属于局部麻醉，该方法通过注射局部麻醉药/镇痛液，阻断枕大神经传导，采用超声引导治疗达到缓解疼痛的效果。但枕大神经阻滞存在的弊端就是往往临时性镇痛，镇痛时效短暂，因此在临床推广过程中存在局限性。为了弥补这一缺点，临床上选择超声引导下 C₂ 背根神经节脉冲射频和神经阻滞联合治疗 PHN，背根神经节是脊神经后根上的神经节，是感觉传导的初级神经元^[12]，与机体痛觉传导密切相关，背根神经节的

解剖学及生理学特点使其在神经调控上具有重要优势，其镇痛效果时效长，减少相关药物的服用，从而减轻药物的不良反应及对药物的依赖性。背根神经节 PRF 已在 PHN 的治疗方案中取得较多成果，尤其在超声可视化实时监测的技术支撑下提高了准确性和安全性。Makharita 等^[13]研究发现，背根神经节 PRF 能够在短时间内阻断背根神经节痛觉传导，在降低 PHN 疼痛评分方面较连续硬膜外阻滞有效。Werner 等^[14]报道，进行超声引导下胸背根神经节 PRF 联合药物治疗 PHN，疗效优于单纯普瑞巴林治疗或椎旁神经阻滞，疼痛缓解效果好，PRF 术后并发症低，认为超声引导下背根神经节 PRF 治疗可能是未来 PHN 的首选治疗方案。C₂ 背根神经节支配了头颈交界和枕顶部大多数感觉/运动功能，并影响脑膜的疼痛传导^[4]。在解剖上 C₂ 位于椎动脉及脊髓之间，其后支为颈脊神经后支中最大的皮支^[4,6]，整体对寰枢关节椎体前肌和部分胸锁乳突肌及上颈部肌肉给予支配^[6]，因此 C₂ 成为临床常用的各类头痛（如枕神经痛、丛集性头痛、颈源性头痛、偏头痛和紧张型头痛等）治疗的神经阻滞入径区^[15]。但 C₂ 脊神经阻滞具有较大的穿刺难度，临床单纯凭经验定位法进行神经节阻滞具有一定危险性。这是因为颈部血管丰富，C₂ 位置深，位于椎动脉及脊髓之间，高位脊髓在其内侧，椎动脉在其外侧^[4]并毗邻一组动静脉，解剖结构较为复杂。肌骨超声在临床上的广泛应用为 C₂ 背根神经节介入治疗提供了安全、有效、便捷的方法。高频超声引导下不仅可实时观测寰枢关节旁的 C₂ 情况，还可通过彩色多普勒准确判断神经伴行的血管和走行在寰枢椎关节外侧的椎动脉^[16]，除此之外还能够清楚显示硬膜囊^[17]从而避免操作时不必要的脊髓损伤，有效提高了操作安全性和可行性，同时阻滞效果确切。

关于 C₂ 背根神经节 PRF 联合神经阻滞治疗 PHN 的临床应用和相关研究尚无相关报道。故本研究在充分文献调研和临床疼痛治疗经验总结的基础上，制订了超声引导经头下斜肌进行 C₂ 背根神经节 PRF 治疗颈枕部 PHN 的方案。头下斜肌附着于 C₂ 棘突与 C₁ 横突^[18]，本研究设计了以头下斜肌为穿刺点行 C₂ 背根神经节 PRF 治疗的新方法，通过观察接受超声引导下枕大神经阻滞和超声引导下 C₂ 背根神经节 PRF 联合神经阻滞治疗 PHN 的临床疗效，对照两种方法对改善疼痛程度及其安全性的差异，从而为临床提供更有效的治疗 PHN 的方法。本研究结果显示：与采用传统枕大神经阻滞方法的对照组比较，试验组于 C₂ 背根神经节 PRF + 神经阻滞

治疗后1天、1周、1个月时VAS评分及SRSS评分均明显降低；与对照组比较，治疗后3个月时两组VAS评分差异无统计学意义、SRSS评分降低，差异有统计学意义；试验组PHN发病率明显低于对照组，差异有统计学意义；两组穿刺后均未出现明显的并发症，且不良反应发生情况组间比较差异无统计学意义。细胞免疫功能的异常是PHN的重要发病机制之一，有报道证实PHN病人体内普遍存在慢性炎症的神经节侵犯，炎性因子参与到HZ病毒躯体神经损伤的发生发展过程^[17]，脊髓背根神经节神经元中炎性因子的释放与炎性痛及氧化应激反应的机制密切相关^[19,20]。通过观察外周血Cor、CRP、IL-6、TNF- α 等因子的表达作为辅助预测PHN的生物学标志物的重要临床意义已得到共识。本研究通过观察C₂背根神经节PRF+神经阻滞对PHN病人血清应激指标及炎症细胞因子的影响发现，与对照组相比，试验组治疗后1天、1周的血清Cor、IL-6、TNF- α 浓度值均降低，1天时血清CPR值降低。充分证明临床应用C₂背根神经节PRF+神经阻滞可有效减轻PHN病人术后应激反应以及降低血清炎症反应水平，从而达到镇痛、抗炎双重作用。

综上所述，在颈枕部PHN治疗中，应用超声引导下PRF+神经阻滞C₂背根神经节联合C₃、C₄神经根阻滞的治疗方案有确切的临床适用性，可有效减轻疼痛、更好的改善睡眠质量，对预防PHN、下调应激反应指标和炎症因子水平具有重要意义，值得临床进一步推广应用。由于观察时间相对较短、颈枕部PHN临床样本量不足等实际问题，相关治疗方案的远期疗效及具体治疗机制还有待于进一步研究。

利益冲突声明：作者声明本文无利益冲突。

参 考 文 献

- [1] Zhou H, Wang ZG, Jin HF, *et al.* A systematic review and meta-analysis of independent risk factors for postherpetic neuralgia[J]. *Ann Palliat Med*, 2021, 10(12):12181-12189.
- [2] John St SE. Advances in understanding nociception and neuropathic pain[J]. *J Neurol*, 2018, 265(2):231-238.
- [3] Mitsuoka K, Kikutani T, Sato I. Morphological relationship between the superior cervical ganglion and cervical nerves in Japanese cadaver donors[J]. *Brain Behav*, 2017, 7(2):e00619.
- [4] 芮炳峰, 安淑芬, 夏凤歧, 等. 颈神经及相关结构的应用解剖学观察[J]. 第三军医大学学报, 2008, 311(24):2296-2298.
- [5] Strand NH, D'Souza R, Wie C, *et al.* Mechanism of activation of peripheral nerve stimulation[J]. *Curr Pain Headache Rep*, 2021, 25(7):47-49.
- [6] 苗羽, 刘波涛, 王海宁, 等. 超声引导下颈神经根脉冲射频治疗带状疱疹神经痛的临床研究[J]. 中国疼痛医学杂志, 2021, 27(2):127-132.
- [7] 任云洁, 马良娟. 带状疱疹后神经痛发病机制及治疗进展[J]. 临床皮肤科杂志, 2022, 51(8):501-503.
- [8] 中国医师协会皮肤科医师分会带状疱疹专家共识工作组. 带状疱疹中国专家共识[J]. 中华皮肤科杂志, 2018, 51(6):403-408.
- [9] 射频治疗技术疼痛科专家共识[J]. 中华医学杂志, 2019, 99(45):3547-3553.
- [10] Liu R, Xu X, Xu YL, *et al.* Pulsed radiofrequency on dorsal root ganglion relieved neuropathic pain associated with downregulation of the spinal interferon regulatory factor 8, microglia, p38MAPK expression in a CCI rat model[J]. *Pain physician*, 2018, 21(4):E307-E322.
- [11] Chhaya SJ, Quiros-Molina D, Tamashiro-Orrego AD, *et al.* Exercise induced changes to the macrophage response in the dorsal root ganglia prevent neuropathic pain after spinal cord injury[J]. *J Neurotrauma*, 2019, 36(6):877-890.
- [12] 李丽梅, 郑宝森, 张志利, 等. 背根神经节解剖及其参与神经病理性疼痛机制的研究进展[J]. 中国疼痛医学杂志, 2022, 28(7):531-540.
- [13] Makharita MY, El-Bendary HM, Sonbul ZM, *et al.* Ultrasound-guided pulsed radiofrequency in the management of thoracic postherpetic neuralgia: a randomized, double-blinded, controlled trial[J]. *Clin J Pain*, 2018, 34(11):1017-1024.
- [14] Werner MU, Bischoff JM, Rathmell JP, *et al.* Randomized and controlled prospective trials of Ultrasound-guided spinal nerve posterior ramus pulsed radiofrequency treatment for lower back post-herpetic neuralgia[J]. *La Clinica terapeutica*, 2015, 166(5):e301-e305.
- [15] 张艳茹, 封卫征, 邵徽英, 等. 超声引导椎旁神经阻滞治疗带状疱疹后遗神经痛的疗效及可行性分析[J]. 影像科学与光化学, 2019, 37(2):163-168.
- [16] 黄佳彬, 肖礼祖. 带状疱疹相关性神经痛的微创介入治疗进展[J]. 中国疼痛医学杂志, 2018, 24(11):806-812.
- [17] 王晓刚, 孙庆海, 崔燕红, 等. 超声下头半棘肌平面的解剖学特点[J]. 中华麻醉学杂志, 2022, 42(2):207-212.
- [18] Huang D, Liang C, Zhang F, *et al.* Inflammatory mediator bradykinin increases population of sensory neurons expressing functional T-type Ca²⁺ channels[J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2016, 473(2):396-402.
- [19] Hodo TW, Aquino Maria TP, Shimamoto A, *et al.* Critical neurotransmitters in the neuroimmune network[J]. *Front Immunol*, 2020, 11:1869-1869.
- [20] Drago F, Herzum A, Ciccarese G, *et al.* Acute pain and postherpetic neuralgia related to varicella zoster virus reactivation: comparison between typical herpes zoster and zoster sine herpette[J]. *J Med Virol*, 2019, 91(2):287-295.