

doi:10.3969/j.issn.1006-9852.2021.12.006

## 超声引导下选择性神经根阻滞联合脉冲射频治疗神经根型颈椎病

贾东林<sup>1</sup> 李水清<sup>1</sup> 崔立刚<sup>2</sup> 蒋洁<sup>2</sup> 李志强<sup>2</sup> 江凌<sup>2△</sup>(北京大学第三医院<sup>1</sup>疼痛科; <sup>2</sup>超声科, 北京 100191)

**摘要 目的:** 探讨超声引导下选择性神经根脉冲射频联合药物治疗神经根型颈椎病的有效性及其安全性。**方法:** 回顾分析 2017 年 1 月至 2020 年 6 月北京大学第三医院疼痛科住院的 46 例神经根型颈椎病病人临床资料, 均在超声引导下行颈椎神经根脉冲射频联合药物治疗, 采用疼痛数字评分法 (numerical rating scale, NRS) 进行疼痛程度评分, 并进行临床治疗效果评价以及记录并发症的发生情况。**结果:** 41 例病人可清晰显示 C<sub>4-8</sub> 神经根, 5 例病人通过射频治疗仪定位确认, 46 例病人均 100% 穿刺顺利, 治疗前及术后 1 周、4 周、12 周、24 周 NRS 评分分别为 6.8±1.0、3.0±0.8、3.1±0.8、2.8±0.7、2.7±0.8, 术后各时点 NRS 评分与术前相比较差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ )。术后 1 周、4 周、12 周、24 周治疗的优良率分别为 89.1%、80.4%、80.4%、76.1%。所有病人均无神经损伤等并发症。**结论:** 超声引导下选择性颈椎神经根阻滞联合脉冲射频治疗神经根型颈椎病效果可靠, 安全性高, 无明显不良反应。

**关键词** 超声; 神经; 神经根型颈椎病; 脉冲射频

### Treatment of nerve root block and pulsed radiofrequency on cervical spondylotic radiculopathy guided by ultrasound

JIA Donglin<sup>1</sup>, LI Shuiqing<sup>1</sup>, CUI Ligang<sup>2</sup>, JIANGjie<sup>2</sup>, LI Zhiqiang<sup>2</sup>, JIANGLing<sup>2△</sup>(<sup>1</sup> Department of Pain; <sup>2</sup> Department of Ultrasound, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China)

**Abstract Objective:** To evaluate the clinical effects and safety of ultrasound-guided nerve root block and pulsed radiofrequency on cervical spondylotic radiculopathy. **Methods:** A total of 46 patients with cervical spondylotic radiculopathy in department of pain medicine, Peking University Third Hospital from January 2017 to June 2020, underwent ultrasound-guided selective cervical nerve root block and pulsed radiofrequency according to involved cervical nerve root segments. Numerical rating scale (NRS) and therapeutic effect was recorded before treatment and 1 week, 4 weeks, 12 weeks and 24 weeks after treatment. The therapeutic effect was evaluated according to Odom criteria. The incidence of adverse reactions was also recorded after treatment. **Results:** The cervical nerve root was shown clearly in 41 patients, however, 5 patients had to be confirmed by radio frequency therapy device positioning. The percentage of successful rate is 100%. The NRS score of preoperation and 1 week, 4 weeks, 12 weeks, and 24 weeks after treatment was 6.8±1.0, 3.0±0.8, 3.1±0.8, 2.8±0.7 and 2.7±0.8, respectively. Scores of NRS after treatment were significantly lower than those of before treatment ( $P < 0.01$ ). According to the Odom criteria, the overall excellent and good rates 1 week, 4 weeks, 12 weeks and 24 weeks after treatment were 89.1%, 80.4%, 80.4% and 76.1% respectively. There was no operation related nerve injury and other complications among all patients. **Conclusion:** Ultrasound-guided selective cervical nerve root block and pulsed radiofrequency is a safe and effective method for the treatment of patients with cervical spondylotic radiculopathy.

**Keywords** ultrasound; nerve root; cervical spondylotic radiculopathy; pulsed radiofrequency

△ 通信作者 江凌 papayaling@163.com



神经根型颈椎病是指颈椎神经根受压引起的疼痛或感觉运动异常综合征，是一种临床常见的疾病。危害病人的身心健康，严重干扰病人的工作和生活。目前治疗方法主要包括药物、理疗、牵引等非手术治疗以及微创介入治疗和手术治疗，大部分病人通过非手术治疗疼痛症状可得到较好的控制或缓解。对于非手术治疗效果不佳的病人采用微创介入方法是目前国内外临床上常用的镇痛方式。选择性颈椎神经根阻滞是将镇痛消炎药物直接注射到病变部位，通过改善局部血液循环，减轻神经根的炎性水肿，从而阻断疼痛信号的传导。此技术被越来越广泛的应用于临床中，取得了较好的临床效果<sup>[1,2]</sup>。既往此操作多在X线或CT引导下完成，主要根据骨性解剖标志来确定穿刺路径，因此存在较高的假阳性率和假阴性率，而且医师和病人均有辐射暴露的风险。随着超声诊断仪分辨率的不断提高和超声技术的持续改进，高频超声对颈部的软组织具有较高的分辨率，能够清楚地显示神经、肌肉、动脉、静脉、甲状腺、气管、食道等重要的组织结构，可以引导穿刺针准确穿刺到位，并可实时显示穿刺针的位置以及药物扩散的情况<sup>[3]</sup>，因此在超声引导下行颈椎神经根穿刺更为准确，且安全性高，越来越受到临床医师的重视。另外，脉冲射频通过向目标神经或组织发射电场和热脉冲，可以改变疼痛信号的传导，但不损伤这些组织结构，既往的研究表明脉冲射频治疗在疼痛缓解和功能改善方面优于传统的神经阻滞<sup>[4]</sup>。目前国内外关于超声引导下进行颈椎神经阻滞治疗神经根型颈椎病的研究较多，但尚未见有关超声引导下神经根脉冲射频联合药物治疗的文献报道，因此有必要对其临床安全性、有效性以及准确性进行观察研究。本研究通过回顾性分析超声引导下选择性神经根阻滞联合脉冲射频治疗，探讨其在神经根型颈椎病治疗方面的疗效。

## 方 法

### 1. 一般资料

本研究经北京大学第三医院伦理委员会批准(IRB00006761-M2016207)，通过病案检索方式，回顾收集2017年1月至2020年6月在疼痛科住院手术的46例神经根型颈椎病病人临床资料，病程最短3月，最长28月，平均 $(12.6 \pm 5.2)$ 月。其中男21例，女25例，年龄46~78岁，平均 $(63.2 \pm 11.5)$ 岁。所有病人术前均已签署知情同意书。

纳入标准：综合分析病人的症状、体征及影像

学检查均符合神经根型颈椎病诊断标准，确诊神经根型颈椎病3个月以上，且为单侧肢体症状，影像学检查有颈椎病表现，但无颅内病变。

排除标准：排除严重心肺肝肾功能不全、穿刺部位或全身感染、对局部麻醉药过敏、糖尿病血糖控制不佳、凝血障碍以及合并心理精神疾病的病人。

### 2. 方法

超声引导颈椎神经根定位：采用彩色多普勒超声诊断仪（GE Logiq E9型），9~12 MHz高频线阵探头。病人去枕取仰卧位，双侧肩下垫一薄枕，使颈部处于轻度过伸位，并转向健侧约15°。常规消毒铺巾，超声探头涂耦合剂后用无菌探头套包裹，并用橡皮圈固定。将超声探头与颈椎平行，调整探头确认目标椎体后旋转90°，与横突平行。根据颈椎横突确定节段位置（C<sub>7</sub>横突无前结节，超声下显示为山坡样影像，容易与其他横突相鉴别）。适当调整声速及角度，启动彩色多普勒血流成像、扫查颈动脉、颈静脉、椎动脉、椎静脉，进而扫查其旁脊神经，调整探头沿脊神经作纵、横切面扫查，顺序定位C<sub>7</sub>横突，注意显示C<sub>7</sub>横突后结节，其前内侧为C<sub>7</sub>神经根，椎动脉、椎静脉位于神经根的内侧。并依病情需要向下或向上选择性探查第8、6、5、4颈椎横突，明确颈神经根位置（见图1），采用平面内穿刺技术，22 G、10 cm射频消融穿刺针从探头外侧旁开约0.5 cm向内侧进针，针体与超声探头的长轴平行，整个穿刺过程中保持穿刺针在超声图像上显影。穿刺的靶目标为颈椎横突后结节与神经根之间的间隙（见图2）。实时超声引导下经皮置入射频针于神经根附近，行感觉测试，轻微调整穿刺针的角度和方向，测试中采用0.5 V以内、50 Hz复制出相应神经支配区的疼痛。运动测试，采用1.0 V以内、2 Hz诱发出相应神经支配区的运动反应。

药物使用：抽取1%盐酸罗哌卡因2 ml（每支10 ml，瑞典AstraZeneca公司生产），0.5 ml复方倍他米松（每支1 ml，杭州默沙东制药公司生产，每支内含二丙酸倍他米松5 mg、倍他米松磷酸钠2 mg），以生理盐水稀释至10 ml，抽取上述局部麻醉混合液备用。超声引导下每个相应颈椎神经根注入2 ml阻滞混合药液，注射药物前反复回抽确定无脑脊液或血液，实时观察注药过程中药物扩散方向和范围，确保无神经内注射。在药物注射过程中，应注意观察病人的意识、呼吸、心率等生命体征，并询问其有无头晕、心悸、呼吸困难、感觉异常、听觉改变等不适。给予脉冲射频治疗，42℃，频率2 Hz，20 ms，120 s。结束后按压5 min后包扎。随访6个月观察其疗效。

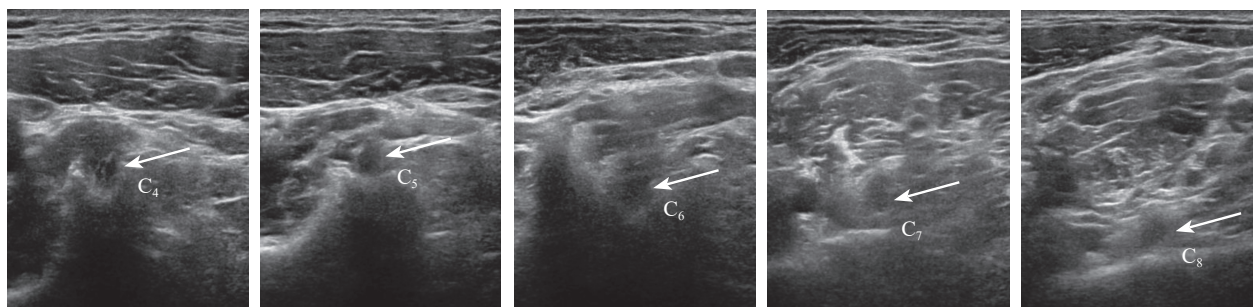


图1 超声下 C<sub>4</sub>-C<sub>8</sub> 神经根图像 (箭头所示)

Fig. 1 Image of C<sub>4</sub>-C<sub>8</sub> nerve root under ultrasound (as shown by the arrow)

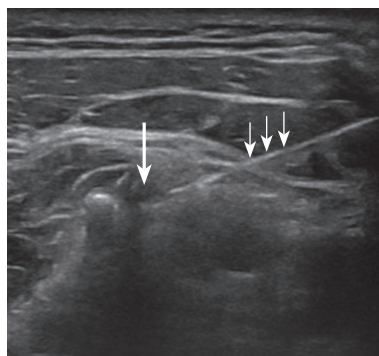


图2 超声引导下神经根穿刺图像

可见穿刺针为倾斜的线性高回声依次顺序穿过皮肤、肌肉组织进入相应的脊神经根旁 (粗箭头所示为神经根, 细箭头所示为穿刺针)

Fig. 2 Image of ultrasound guided nerve root puncture

It can be seen that the puncture needle is linear hyper-echoic, go through the skin and muscle tissue in turn, enters the corresponding spinal nerve root (the thick arrow shows the nerve root, the fine arrow shows the puncture needle)

### 3. 疗效评价指标与安全性指标

疼痛程度评估由一位不参与病人管理的医务人员采用疼痛数字评分法 (numerical rating scale, NRS) 评价, 用 0~10 的数字表示“无痛”到“剧痛”的疼痛程度, 数字越大表示疼痛程度越重。

临床治疗效果评定采用 Odom 疗效评价法评价治疗疗效, 优: 无颈椎病症状体征, 可日常活动; 良: 疼痛症状基本消失, 有间歇症状, 但没有明显影响工作, 可恢复原来工作, 不需药物治疗; 中: 主观病情有改善, 但仍有较明显疼痛, 活动明显受限, 有时仍需药物治疗; 差: 症状体征与功能无改善或临床症状恶化。于术前、术后 1 周、4 周、12 周、24 周分别进行 NRS 评分和临床疗效评估。

安全性指标: 统计术中及术后随访期内病人有无呼吸循环功能异常、血管损伤、血肿形成、神经根损伤、局部麻醉药中毒、感染等并发症发生。

### 4. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 统计学软件进行统计学分析。NRS 评分以均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm SD$ ) 表示。治疗前与治疗后 NRS 评分采用配对 *t* 检验。P < 0.05 为差异具有统计学意义。

## 结 果

### 1. 穿刺治疗情况

46 例病人均诱发出相应神经支配区的感觉和运动反应, 穿刺成功, 引导成功率 100%。实时超声监测下射频穿刺针经平面内路径安全刺入, 针尖抵达相应颈椎横突前后结节之间神经沟内的脊神经, 药物注射后完全包绕神经根, 随即行脉冲射频序贯治疗。41 例病人可清晰显示 C<sub>4</sub>-C<sub>8</sub> 神经根, 5 例病人超声不能确定为脊神经根, 后利用射频治疗仪给予神经刺激确认。治疗时间 5~10 min, 平均 (7.8 ± 0.6) min。

### 2. 治疗效果

治疗后各时间点病人 NRS 评分均较治疗前明显降低。术前及术后 1 周、4 周、12 周、24 周病人 NRS 评分分别为 6.8 ± 1.0、3.0 ± 0.8、3.1 ± 0.8、2.8 ± 0.7、2.7 ± 0.8, 与治疗前各时间点比较, 差异均有统计学意义 (P < 0.01, 见表 1)。术后 1 周、4 周、12 周、24 周治疗的优良率分别为 89.1%、80.4%、80.4%、76.1% (见表 2)。

### 3. 并发症情况

所有病人均于穿刺注药后 10 min 内出现相应神经根支配区麻木。出现头晕 1 例, 经休息 10 min 后自行缓解。声音嘶哑 5 例, 症状均于 12 h 内消失。未见呼吸困难、心动过缓或其他严重并发症。在伤口包扎之前常规的超声检查未见穿刺部位血肿形成。操作过程中所有病人生命体征平稳, 未发生血管内注射、硬膜外注射、脊髓损伤、神经损伤、血肿等局部或全身不良反应。



表 1 不同时间点镇痛情况 NRS 评分比较 ( $\bar{x} \pm SD$ )

Table 1 NRS score at each time points ( $\bar{x} \pm SD$ )

例数 Number	治疗前 Before operation	治疗后 1 周 1 week after operation	治疗后 4 周 4 weeks after operation	治疗后 12 周 12 weeks after operation	治疗后 24 周 24 weeks after operation
46	6.8±1.0	3.0±0.8**	3.1±0.8**	2.8±0.7**	2.7±0.8**

\*\* $P < 0.01$ , 与术前相比; \*\* $P < 0.01$ , compared with before operation.

表 2 治疗后疗效评定

Table 2 The efficacy evaluation after operation

	优 (例) Excellent (n)	良 (例) Good (n)	中 (例) Moderate (n)	差 (例) Poor (n)	优良率 (%) Excellent and good rate (%)
治疗后 1 周 1 week after operation	23	18	4	1	89.1%
治疗后 4 周 4 weeks after operation	19	18	7	2	80.4%
治疗后 12 周 12 weeks after operation	18	19	7	2	80.4%
治疗后 24 周 24 weeks after operation	18	17	8	3	76.1%

讨 论

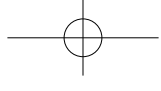
神经根型颈椎病是临床上常见的一类颈椎病，主要表现为颈肩部僵硬、疼痛，颈椎活动受限，单侧或双侧上肢放射性疼痛，伴或不伴麻木。其以颈椎间盘退行性改变为基础，包括颈部肌肉僵硬痉挛、钩椎关节、关节突关节增生肥大和相邻椎体退变增生压迫或刺激颈脊神经根等病理改变。其发病机制主要是椎间盘机械压迫、椎间孔狭窄、以及椎间孔内炎性反应及化学刺激等一系列病理生理过程综合作用的结果。机械压迫导致神经根及背根神经节缺血、水肿和炎性介质和免疫物质释放对伤害性感受器的恶性刺激，是导致颈椎病根性疼痛的两个主要机制。研究表明<sup>[5]</sup>，神经根型颈椎病症状的轻重并不完全与椎间孔狭窄程度呈正比，而与颈神经根受局部炎性反应刺激的程度一致。因此，神经根型颈椎病的治疗原则应为减轻或消除受累神经根及其周围组织的炎性反应，当神经根周围由炎性反应引起的水肿解除后，神经根受到的压迫会得以改善，病人的疼痛症状就会得到减轻。

目前临床上常采用选择性神经根阻滞治疗神经根型颈椎病，即在相应的脊神经根周围注射激素和局部麻醉药混合液。既往常用的引导工具为 X 线或 CT，也有应用神经刺激仪引导的报道，由于上述方法均不能直观显示穿刺针尖和神经，操作过程并非实时引导。另外由于病人存在个体解剖的差异，因此无法完全避免损伤血管及神经，甚至有导致病人死亡的报道<sup>[6]</sup>。

随着近年来超声技术尤其是肌骨超声技术的快速发展，介入超声治疗技术已广泛应用于周围神经疾病的诊断和治疗中。超声不仅能清晰辨认血管、肌肉、韧带、关节和骨性结构，还能观察到较为细小的神经<sup>[7]</sup>。高频超声可以在颈椎神经根水平进行精准定位，亦可根据椎动脉作为解剖学标志来识别相应的神经根，一般来说椎动脉从锁骨下动脉发出进入 C<sub>6</sub> 横突孔，C<sub>6</sub> 神经根即位于其横突前后结节之间，超声检查时可依据此结构来确定神经位置<sup>[8]</sup>。超声影像可直接探及颈神经根及其较大的神经分支，显著提高颈神经根阻滞治疗的有效性和安全性<sup>[9]</sup>。Narouze 等<sup>[10]</sup>研究发现，超声引导下的选择性颈神经根阻滞靶点与传统的 X 线透视引导下穿刺靶点仅相差 5 mm，且穿刺针误入血管内的发生率显著降低。

本研究中高频超声可清晰显示相应颈椎横突前后结节之间的颈神经沟以及其中的脊神经，在长轴切面上表现为束状的低回声，在短轴切面上则表现为小圆形的低回声结构，并被稍强回声所包绕。本研究中 41 例病人可清晰显示 C<sub>4</sub>-C<sub>8</sub> 神经根，其中 5 例病人超声不能确定为脊神经根，后利用射频治疗仪给予神经刺激确认。因此，采用超声引导进行颈椎相应脊神经穿刺，验证了其临床可行性、准确性及安全性。本研究穿刺过程中保持穿刺针在平面内，整个穿刺针穿刺全程可视，清楚的看到血管、肌肉、骨骼和神经，并能观察到液体的扩散范围，有效避免了因穿刺导致的并发症。

本研究采用的药物为低浓度罗哌卡因和复方倍他米松注射液的混合液，其中局部麻醉药有助于阻



滞神经根对疼痛信号的传导,解除肌肉及血管的痉挛,改善局部血液循环以及肌肉、神经氧供及代谢。而糖皮质激素既能够抑制毛细血管扩张,减轻渗出和水肿,又能抑制白细胞的浸润和吞噬,从而减轻炎症反应<sup>[11]</sup>。局部注射小剂量糖皮质激素不仅使注射局部保持较高的药物浓度,同时可减轻药物导致的不良反应。超声引导下将上述药物准确注入病变的神经根部位,同时联合脉冲射频的温热效应,可通过消除椎管外神经根的炎症水肿和局部血管痉挛,缓解局部的肌肉痉挛僵直,改善血液循环,可直接阻止神经纤维的痛觉传入,减少疼痛信号刺激传入中枢,从而达到缓解疼痛的目的。

脉冲射频治疗模式是一种不连续、脉冲式的电流传导至电极针尖,在神经组织附近通过电压快速波动引起的场效应而起到镇痛效果,同时电极尖端的温度保持在 42℃,不会破坏运动神经的功能。此方式可取得镇痛效果而不出现神经热离断效应<sup>[12]</sup>。1997 年由 Sluijter 提出的脉冲射频参数是电极尖端温度 42℃、脉冲频率 2 Hz、脉冲宽度 20 ms、输出电压 45 V、治疗时间 120 s。温度不高于 42℃时,不但无损神经,而且对神经痛具有显著疗效<sup>[13,14]</sup>。因此,射频热凝所致的温热效应对于神经根水肿以及其炎性反应具有较好的治疗作用,可有效缓解颈椎退变导致的神经根性疼痛<sup>[4]</sup>。

颈椎神经根穿刺常见并发症是血肿形成,多为穿刺到血管所致,大多数病人无明显症状,但严重者可致气管压迫<sup>[15]</sup>。最危险的并发症是药物误入血管或蛛网膜下腔,可引起病人呼吸心跳停止<sup>[16]</sup>。由于超声能够显示重要的软组织结构,且可以实时引导穿刺,可显著减少并发症的发生<sup>[17]</sup>。本组有 1 例病人出现头晕,结合心电监测及体征,考虑为病人精神紧张过度继发所致,经暂停操作,观察 10 min 后好转,继续顺利完成手术。5 例病人术后发生轻微声音嘶哑,术后观察 12 h 后恢复正常。这可能是由于注射点过于靠近内侧,药液弥散麻醉喉返神经所致。因此在整个操作过程中,应注意注药速度不宜过快,注药时需随时回抽看是否有血液及脑脊液回流,以预防局部麻醉药中毒。尤其对于头颈部较短、肌肉组织疏松的病人,更易引起局部麻醉药的扩散。本研究中所有病人均未发生呼吸、循环功能抑制等严重不良反应,在伤口包扎之前进行常规的超声检查均未见穿刺部位血肿形成。

本研究结果表明,治疗后各时间点病人的疼痛 NRS 评分均较治疗前显著降低,术后 3 个月、6 个月治疗的优良率分别为 80.4%、76.1%。治疗后病人

颈肩部及上肢放射性疼痛症状明显缓解,颈部活动度得到显著改善。说明超声引导下行颈脊神经根介入治疗对神经根型颈椎病具有良好的镇痛作用,疗效确切,且无明显不良反应。高频超声可以清晰显示颈部结构,有助于选择安全的穿刺路径,临床可行性强。但本研究也存在一定的局限性,首先,此研究为回顾性研究,随访指标可能存在偏倚;其次,本研究的病例数较少,随访时间短;评估的方法较为单一,只评价了疼痛程度和并发症情况,未对神经功能进行详细的评估。因此,在今后的研究中可进一步加大样本量,增加术后效果评估参数,延长随访时间,探讨其远期疗效,进行前瞻性、多中心、随机对照研究以进一步验证此法治疗神经根型颈椎病的有效性和安全性。

综上所述,超声引导下颈脊神经根阻滞联合脉冲射频治疗是一项安全、有效、精确的微创介入技术,对神经根型颈椎病具有较好的治疗效果,临床应用前景良好。

## 参 考 文 献

- [1] Kesikburun S, Aras B, Kelle B, *et al*. The effectiveness of cervical transforaminal epidural steroid injection for the treatment of neck pain due to cervical disc herniation: Long-term results[J]. *Pain Manag*, 2018, 8(5):321-326.
- [2] 顾丽丽,曹新添,廖云华,等. 超声引导下选择性神经根阻滞治疗神经根型颈椎病的临床观察[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2018, 24(4): 311-313.
- [3] 曾宪政,宋莉,肖红,等. 超声引导下颈椎椎间孔注射治疗神经根型颈椎病的临床研究[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2021, 27(3):182-187.
- [4] Kwak SG, Lee DG, Chang MC. Effectiveness of pulsed radiofrequency treatment on cervical radicular pain: a Meta-analysis[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(31):e11761.
- [5] Furman MB, Butler SP, Kim RE, *et al*. Injecte volumes needed to reach specific land marks in stransforaminal epidural injection[J]. *Pain Med*, 2012, 13(10):1265-1274.
- [6] Rozin L, Rozin R, Koehler SA, *et al*. Death during transforaminal epidural steroid nerve root block(C7) due to perforation of the left vertebra artery[J]. *Am J Forensic Med Pathol*, 2003, 24 (4):351-355.
- [7] 中国医师协会超声医师分会. 中国肌骨超声检查指南[M]. 北京:人民卫生出版社, 2017:110-111.
- [8] Freire V, Grabs D, Lepage-Saucier M, *et al*. Ultrasound-guided cervical facet joint injections: a viable substitution for fluoroscopy guided injections?[J]. *J Ultrasound Med*, 2016, 35(6):1253-1258.
- [9] Curatolo M, Elchenberger U. Ultrasound in interventional



- pain management[J]. Eur J Pain, 2008, 2(suppl 1):78-83.
- [10] Narouze SN, Vydyanathan A, Kapural L, *et al.* Ultrasound guided cervical selective nervroot block: a fluoroscopy controlled feasibility study[J]. Reg Anesth Pain Med, 2009, 34(4):343-348.
- [11] 石潇, 杨雨, 方洪伟, 王祥瑞. 超声引导下选择性颈神经根阻滞治疗颈神经根痛: 局部麻醉药联合神经妥乐平或糖皮质激素的随机对照研究 [J]. 上海医学, 2019, 42(8):463-466.
- [12] 中华医学会疼痛学分会. 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.
- [13] Sluijter ME. Non-thermal radiofrequency procedures in the treatment spinal pain[C]. Pain in Europe; Barcelona: 2nd Annual Congress of the European federation of IASP Chapters, 1997:326.
- [14] Sluijter ME, Lmani F. Evolution and mode of action of pulsed radiofrequency[J]. Anesth Pain Med, 2013, 2(4): 139-141.
- [15] Higa K, Hirata K, Hirota K, *et al.* Retropharyngeal hematoma after stellate ganglion block: Analysis of 27 patients reported in the literature[J]. Anesthesiology, 2006, 105(6):1238-1245.
- [16] Tripathi S. Cardiac arrest following stellate ganglion block performed under ultrasound guidance[J]. Anaesthesia, 2010, 65 (10):1042.
- [17] 杨帆, 杨邦祥, 肖红, 等. 初学者超声引导下星状神经节阻滞与传统星状神经节阻滞准确性及安全性比较 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2008, 14(6):374-375.

## • 国际译文 •

### 神经损伤后自发痛的新机制——初级感觉神经元的同步簇状激活

神经病理性疼痛的主要临床表现为自发痛、痛觉过敏和痛觉超敏。自发痛是神经病理性疼痛病人最常见的主诉, 指在没有外界刺激诱发的情况下, 依然存在的疼痛。其发病机制不清, 也缺乏有效的治疗药物。背根神经节 (dorsal root ganglion, DRG) 作为感觉信息传递的第一站, 参与神经病理性疼痛的外周敏化机制。该研究在坐骨神经分支选择性损伤 (spared nerve injury, SNI) 小鼠, 采用在体 DRG 钙成像的方法, 大规模同步记录 DRG 神经元的钙信号变化, 深入探讨自发痛的外周机制。结果: (1) SNI 小鼠的 DRG 神经元出现自发同步簇状激活 (synchronized cluster firing), 且与自发痛呈正相关。超过 3 个邻近的 DRG 神经元钙信号同步激活, 定义为簇状激活事件 (cluster firing event, CFE)。在 2 小时的记录期间, 大约有 55% 的 SNI 小鼠出现 CFEs, 每个 DRG 约有 2.6 个 CFEs, 每个 CFE 的发生频率约每小时 4 次。CFEs 的频率和持续时间, 与小鼠的自发痛呈正相关。CFEs 主要发生在 DRG 的边界, 尤其是两极处, 与既往报道的交感发芽部位一致。提示交感神经发芽可能是 CFE 发生的潜在机制; (2) CFEs 发生在交感神经芽生的位置。使用 *Phox2b-Cre; Rosa26-LSL-tdTomato; Pirt-GFP* 小鼠以示踪交感神经纤维, 发现 SNI 小鼠 DRG 中存在大量的交感神经发芽。通过向 SNI 小鼠的 DRG 中注射 CTB555, 逆行示踪交感神经节 (sympathetic ganglion, SG) 到 DRG 的纤维联系, 发现邻近 SG 的 CTB555 信号增强。对 *Phox2bCre; tdTomato* 小鼠行 SNI, 并用 GCaMP6 病毒感染 DRG 神经元, 发现只有交感神经芽生的小鼠中出现 CEFs, 且 CEFs 只发生在交感神经芽生的位置旁; (3) 抑制异位的交感神经可减弱 CFEs 和自发性疼痛。采用神经药理学、*Phox2b-Cre; GiDREAD* 小鼠注射 CNO, 以及微交感神经切除 (microsympathectomy, mSYMPX) 等方法, 均可抑制或切断异位的交感神经, 减弱 CFEs 和自发性疼痛; (4) 激活异位交感神经可增加 CFEs 和自发性疼痛。在 *Phox2b-Cre; GqDREADD* 小鼠, DRG 局部感染 AAV9.Cag.GCaMP6s 并建立 SNI 模型。发现局部应用 CNO 激活交感神经, 可以增加 CFEs 的发生率和自发痛; (5) SNI 引起 DRG 内源性去甲肾上腺素 (norepinephrine, NE) 释放。为了确定芽生的交感神经纤维是否释放 NE, 该研究在 DRG 内表达 NE 荧光探针。结果发现只有 SNI 小鼠中存在内源性 NE 的释放, 对照组小鼠无此现象。采用神经药理学方法证明, 局部阻断 NE 受体可抑制 CFEs 并减轻自发痛。因此, 阻断交感神经发芽引起的 DRG 神经元同步簇状激活, 可以治疗神经损伤后的自发痛。该研究为自发痛的治疗提供了新的思路和靶点。

(Zheng Q, Xie WR, Lückemeyer DD, *et al.* Synchronized cluster firing, a distinct form of sensory neuron activation, drives spontaneous pain. Neuron, 2021. doi: 10.1016/j.neuron.2021.10.019. 北京大学神经科学研究所, 高倚天 施凯芮 译, 刘风雨 校)