

静脉输注利多卡因对脉冲射频治疗 相关疼痛的影响 *

卢巧¹ 金涛² 欧册华^{1△} 张悦^{1△}

(¹ 西南医科大学附属医院疼痛科, 泸州 646000; ² 遂宁市第一人民医院麻醉科, 遂宁 629000)

摘要 目的: 对脉冲射频 (pulsed radiofrequency, PRF) 治疗相关疼痛进行调查并探讨静脉输注利多卡因对其的影响。**方法:** 选取接受 PRF 治疗的 206 例病人进行调研, 记录术前 (T₀)、术中 (T₁)、术后 0、1、2 小时 (T₂、T₃、T₄) 的疼痛视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS) 评分、心率 (heart rate, HR)、平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP), 在术后记录病人的满意度以及需要使用血管活性药的例数。选取三叉神经痛和颈源性头痛病人各 30 例, 根据是否静脉输注利多卡因分为利多卡因组 (L 组) 和对照组 (C 组), 每组 30 例。记录术前 (t₀)、术中 (t₁)、术后 0、1、24 小时的 (t₂、t₃、t₄) VAS 评分、HR、MAP 及满意度; 于 t₀、t₃、t₄ 取静脉血测白介素 1 β (interleukin 1 β , IL-1 β)、肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α) 及去甲肾上腺素 (norepinephrine, NE) 含量。记录不良反应发生情况。**结果:** PRF 治疗时 VAS 评分、HR 和 MAP 升高, 满意度 34.5%。PRF 治疗时, 三叉神经、C₂ 背根神经节 VAS 评分高于其他治疗组。在利多卡因静脉输注研究中, t₁、t₃、t₄ 时 L 组 VAS 评分显著低于 C 组; t₁、t₂ 时 L 组 MAP、HR 显著低于 C 组。t₄ 时 L 组 IL-1 β 、TNF- α 含量显著低于 C 组; t₂ 时 L 组 NE 含量显著低于 C 组。L 组满意度显著高于 C 组, 两组不良反应差异无统计学意义。**结论:** 静脉输注利多卡因可通过降低机体炎症应激反应减轻 PRF 治疗相关疼痛。

关键词 脉冲射频; 利多卡因; 炎症因子; 三叉神经痛; 颈源性头痛

Effects of intravenous lidocaine on pain related to the procedure of pulsed radiofrequency *

LU Qiao¹, JIN Tao², OU Cehua^{1△}, ZHANG Yue^{1△}

(¹ Department of Pain Management, The Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, China; ² Department of Anesthesiology, Suining First People's Hospital, Suining 629000, China)

Abstract Objective: To investigate the status of pain associated with pulsed radiofrequency (PRF) therapy and explore the effects of intravenous lidocaine on pain. **Methods:** Total of 206 patients who received PRF treatment were selected for investigation. The visual analogue scale (VAS) scores, heart rate (HR) and mean arterial pressure (MAP) were recorded before, during and at 0, 1 and 2 hours after the operation (T₀, T₁, T₂, T₃ and T₄). Patients satisfaction and the number of cases requiring vasoactive drugs were also recorded. Thirty patients diagnosed as trigeminal neuralgia and 30 patients with cervicogenic headache were selected and divided into lidocaine group (group L, $n = 30$) and control group (group C, $n = 30$) by whether injecting lidocaine. VAS scores, HR and MAP were recorded before, during and at 0, 1, and 24 hours after operation (t₀, t₁, t₂, t₃, and t₄). The satisfaction for PRF treatment was recorded after PRF treatment. Venous blood was taken at t₀, t₂, and t₄ to measure interleukin-1 β (IL-1 β), tumor necrosis factor- α (TNF- α) and norepinephrine (NE) content. The occurrence of adverse reactions was recorded. **Results:** Compared with other time, VAS score, HR and MAP increased during PRF treatment. The satisfaction rate was 34.5%. During PRF treatment, the VAS score of trigeminal nerve and C₂ dorsal root ganglion were higher than those of other treatment groups. In the study of intravenous lidocaine infusion, the VAS score of group L was lower than that of group C at t₁, t₃ and t₄. At t₁ and t₂, the MAP and HR of group L were lower than those of group C. The concentration of IL-1 β and TNF- α

* 基金项目: 遂宁市第一人民医院-西南医科大学科技战略合作基金项目 (2020NXNYD010)

[△] 通信作者 欧册华 oucehua@swmu.edu.cn; 张悦 zhangyue0518@swmu.edu.cn



in group L were lower than those in group C at t4; the level of NE in group L was lower than that in group C at t2. The rate of satisfaction in group L was significantly higher than that in group C. There was no significant difference in adverse reactions between two groups. **Conclusion:** Intravenous infusion of lidocaine can reduce PRF related pain by reducing the inflammatory factors.

Keywords pulsed radiofrequency; lidocaine; inflammatory factors; trigeminal neuralgia; cervicogenic headache

脉冲射频 (pulsed radiofrequency, PRF) 通过多种途径调节神经功能治疗疼痛^[1]。由于病人对治疗有恐惧以及穿刺时的不适, 常导致手术中断和病人对治疗满意度低。目前对于 PRF 治疗期间病人满意度及相关疼痛的研究未见报道。

钠离子通道抑制剂利多卡因具有抗伤害、抗痛觉过敏和抗炎作用, 也正是这些机制, 使其除了具有局部麻醉作用, 还能在输注完成数小时后有明显的镇痛作用^[2,3]。已有研究报道将静脉输注利多卡因用于难治性癌痛和术后疼痛的治疗^[4,5]。然而, 利多卡因输注在 PRF 治疗相关疼痛中少有研究。多种神经痛的病例中均发现炎症因子表达增加^[6,7]。故本研究拟对 PRF 治疗相关疼痛的现状进行调查, 并根据调查结果选取疼痛剧烈的病种静脉输注利多卡因, 探讨其对 PRF 治疗过程中的疼痛、血清应激、炎症因子水平的影响, 以期提高病人治疗舒适度的同时, 为 PRF 治疗相关疼痛的缓解提供策略。

方 法

1. 一般资料

本研究经西南医科大学附属医院伦理委员会批准 (KY-2021-058), 并在中国临床试验中心注册 (注册号: ChiCTR2100043609)。

(1) PRF 治疗相关疼痛调查: 纳入 2020 年 7 月至 2021 年 4 月在西南医科大学附属医院疼痛科接受 PRF 治疗慢性疼痛的病人, 并签署知情同意书。

纳入标准: ①年龄 ≥ 18 岁; ②视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS) 评分 ≥ 4 ; ③需要接受 PRF 治疗。

排除标准: ①凝血功能异常或穿刺部位畸形、感染、肿瘤者; ②有智力、认知功能障碍等可能影响受试者合作的行为障碍。

(2) 静脉输注利多卡因对 PRF 治疗相关疼痛的影响: 纳入 2021 年 3 月至 2021 年 12 月接受 PRF 治疗颈源性头痛及三叉神经痛的病人各 30 名。按照随机数字表法分为利多卡因组 (L 组) 和对照组 (C 组), 每组 30 例 (三叉神经射频和 C₂ 背根

神经节射频各 15 例)。L 组术前 2 小时内静脉输注 2 mg/kg 利多卡因, C 组静脉输注等量生理盐水。

纳入标准: ①诊断为颈源性疼痛或三叉神经痛需接受 PRF 治疗者; ②年龄 ≥ 18 岁; ③VAS 评分 ≥ 4 ; ④药物、理疗等无创治疗疼痛缓解率 $< 50\%$ 者。

排除标准: ①凝血功能异常或穿刺部位畸形、感染、肿瘤者; ②有智力、认知功能障碍等可能影响受试者合作的行为障碍; ③阿-斯综合征、严重窦房结功能障碍; ④局部麻醉药过敏史。

2. 方法

PRF 操作: 根据治疗部位选择合适长度的射频针套管和射频针 (北京北琪医疗科技有限公司), 在超声引导下进行穿刺, 直至针尖到达目标靶点位置。穿刺成功后, 予以感觉刺激 (50 Hz, 0.2 V~0.5 V), 若病人诉神经刺激支配区出现酸胀、麻木等情况提示穿刺部位正确。采用脉冲射频模式 (射频控温热凝器 R-2000B M1, 北京北琪医疗科技有限公司) 将参数统一设定为: 脉宽 20 ms, 频率 500 Hz, 脉冲频率 4 Hz, 温度 42.5℃, 治疗时间 360 s, 两个循环。PRF 治疗结束后, 回抽无血液或脑脊液, 可注射镇痛复合液 (2% 利多卡因 40 mg + 甲钴胺 0.5 mg + 地塞米松 5 mg + 0.9%NaCl 共 10 ml) 3 ml。

炎症因子及应激水平检测: 取病人静脉血 4 ml, 3000 r/min 离心 12 min 后取上清置于 -80℃ 冰箱保存。采用酶联免疫吸附法并按试剂盒 (泉州市睿信生物科技有限公司) 说明书中的步骤, 检测白介素 1 β (interleukin 1 β , IL-1 β)、肿瘤坏死因子 α (tumor necrosis factor α , TNF- α) 及去甲肾上腺素 (norepinephrine, NE) 含量。

3. 临床疗效评估和观察

(1) PRF 治疗相关疼痛调查: 分别于术前 (T0)、术中 (T1, 每 3 分钟测量 1 次, 以最高值为准)、术后 0、1、2 小时 (T2、T3、T4) 记录 VAS 评分、心率 (heart rate, HR) 和平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP)。PRF 治疗结束后记录血管活性药物干预病例的例数及病人对治疗的满意度。

(2) 利多卡因静脉输注: 分别记录术前 (t0)、术中 (t1, 以 PRF 治疗中疼痛最剧烈为准)、术后 0、



1、24 小时 (t2、t3、t4) VAS 评分、HR 和 MAP。于 t0、t3、t4 取病人静脉血测 IL-1 β 、TNF- α 、NE 水平。治疗结束后记录病人满意度及静脉输注利多卡因相关不良反应(头晕、感觉异常、肌肉震颤、惊厥、心律失常等)。

4. 统计学分析

采用 SPSS 19.0 软件进行统计分析, 计量资料以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm SD$) 表示。计数资料各组之间差异采用 χ^2 检验。两组间比较采用独立样本 t 检验; 两组各时间点比较采用重复测量方差分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. PRF 治疗相关疼痛

(1) 一般资料

本研究纳入病人年龄为 20~92 岁 (59.3 ± 13.2), 病程 1~240 个月 (13.7 ± 26.6)。包括带状疱疹相关神经痛、颈源性头痛、脊柱源性疼痛(颈脊神经后支、腰椎间盘突出等)、三叉神经痛、其他(舌咽神经痛、坐骨神经痛、膝关节病、骶髂关节炎等)中重度疼痛病人共 206 例。血管活性药物使用率 7.3%。病人

对 PRF 治疗满意度为 34.5% (见表 1)。

(2) 各时间点 VAS 评分、MAP 和 HR 比较

VAS 评分: T1 较 T0 显著增加; T2、T3、T4 较 T0 下降。MAP 和 HR: T1、T2 较 T0 明显增加, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), T3、T4 较 T0 无显著性差异 (见图 1)。

(3) 射频部位亚组分析

VAS 评分: T1 时, C₂ 背根神经节射频组高于肋间神经组、脊神经后支组及其他组 ($P < 0.05$); 三叉神经组高于肋间神经组和其他组 ($P < 0.05$)。满意度分析发现, C₂ 背根神经节组、三叉神经组病人满意度较低 (见表 2)。

2. 静脉输注利多卡因缓解 PRF 治疗相关疼痛

(1) 两组病人的病例数、性别、射频部位、年龄、病程、VAS 评分、MAP 和 HR 等一般资料比较差异无统计学意义 (见表 3)。

(2) 两组 VAS 评分、MAP 和 HR 比较

VAS 评分: 两组 t1 高于 t0; t1、t3、t4 时 L 组低于 C 组; HR、MAP: 两组 t1、t2 均高于 t0; t3、t4 与 t0 比较差异无统计学意义; t1、t2 时 L 组 MAP、HR 较 C 组低, 其余时间点两组间差异无统计学意义 (见图 2)。

表 1 病人一般资料情况

Table 1 The characteristics of patients

	调查指标 Investigation index	例数 Number	占比 (%) Ratio (%)
性别 Gender	女 Female	108	52.4%
	男 Male	98	47.6%
诊断 Diagnosis	带状疱疹相关神经痛 Zoster-associated pain	56	27.2%
	颈源性头痛 Cervicogenic headache	42	20.4%
	脊柱源性疼痛 Pain caused by spinal disorders	19	9.2%
	三叉神经痛 Trigeminal neuralgia	28	13.6%
	其他 Other	61	29.6%
射频部位 Region of treatment	肋间神经 Intercostal nerve	67	32.5%
	C ₂ 背根神经节 C ₂ dorsal root ganglion	43	20.9%
	脊神经后支 Spinal dorsal ramus	23	11.2%
	三叉神经 Trigeminal nerve	26	12.6%
	其他 Other	47	22.8%
疼痛最剧烈时刻 The pain is at its most intense	进针时 During vein puncture	46	22.3%
	射频时 During radiofrequency treatment	118	57.3%
	注药时 During drug injection	42	20.4%
血管活性药物的使用 Vasoactive drugs are used	否 No	191	92.7%
	是 Yes	15	7.3%
满意度 The rate of satisfaction	满意 Satisfaction	71	34.5%
	不满意 Dissatisfaction	135	65.5%

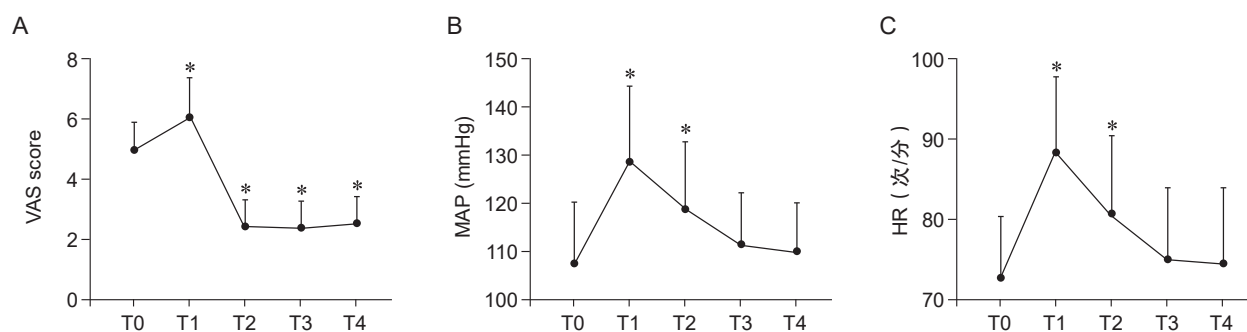


图1 PRF治疗时各时间点VAS评分、MAP和HR的比较

(A) VAS评分; (B) 平均动脉压; (C) 心率

* $P < 0.05$, 与T0相比

Fig. 1 VAS score, MAP and HR at different time points

(A) VAS score; (B) MAP; (C) HR

* $P < 0.05$, compared with T0.

表2 不同部位PRF操作时各时间点VAS评分比较

Table 2 Comparison of VAS score at each time points among the different part of PRF procedure

部位 Body part	例数 Number	T0	T1	T2	T3	T4	满意率 (%) Rate of satisfaction (%)
肋间神经 Intercostal nerve	67	5.0 ± 1.0	5.9 ± 1.3 ^{a#}	2.5 ± 0.8 [*]	2.3 ± 0.8	2.4 ± 0.8 [#]	50.8% ^{a#}
C ₂ 背根神经节 dorsal root ganglion C ₂	43	5.0 ± 0.9	6.6 ± 1.2	2.9 ± 0.7	2.7 ± 1.1	2.5 ± 0.7 [#]	20.9%
脊神经后支 Spinal dorsal ramus	23	5.0 ± 0.7	6.1 ± 1.2 [*]	2.4 ± 1.0 [*]	2.2 ± 0.8	2.5 ± 1.1 [#]	39.1% ^{a#}
三叉神经 Trigeminal nerve	26	5.3 ± 1.2	6.4 ± 1.3	2.0 ± 0.7 [*]	2.3 ± 0.9	2.9 ± 1.1	23.1%
其他 Other	47	4.9 ± 0.9	5.8 ± 1.3 ^{a#}	2.4 ± 1.0 [*]	2.4 ± 0.9	2.7 ± 0.9	27.7% [*]
F/χ^2		1.469 ^a	4.846 ^a	7.575 ^a	2.381 ^a	3.45 ^a	14.0 ^b
P		0.213	0.001	0	0.053	0.009	< 0.05

* $P < 0.05$, 同时点与C₂背根神经节组相比, ^a $P < 0.05$, 同时点与三叉神经组相比; ^a代表F值, ^b代表 χ^2 * $P < 0.05$, compared with the dorsal root ganglion C₂ group at the same time point, ^a $P < 0.05$, compared with the trigeminal nerve group at the same time point; ^a represents F value, ^b represents χ^2 .

表3 两组病人的一般情况比较

Table 3 Comparison of general conditions between two groups

组别 Group	例数 Number	性别 (女/男) Gender	病程 Course of disease	年龄 Age	VAS评分 VAS score	平均动脉压 MAP	心率 HR
L组 L group	30 (15/15)	18/12	11.5 ± 11.3	56.1 ± 11.1	5.5 ± 1.1	108.6 ± 13.3	74.4 ± 7.4
C组 C group	30 (15/15)	16/14	13.4 ± 15.7	56.3 ± 13.1	5.3 ± 1.0	108.8 ± 14.0	75.7 ± 9.4
t/χ^2	0.000 ^a	0.271 ^a	-0.536 ^b	-0.064 ^b	0.748 ^b	-0.057 ^b	-0.592 ^b
P	1.000	0.949	0.795	0.536	0.457	0.955	0.556

^a代表F值, ^b代表 χ^2 ; ^a represents F value, ^b represents χ^2 .(3) 血清IL-1 β 、TNF- α 、NE变化

t₂时L组IL-1 β 、TNF- α 含量与C组比较差异无统计学意义。t₄时两组IL-1 β 、TNF- α 含量均低于t₀ ($P < 0.05$), 其中L组低于C组 ($P < 0.05$)。

t₂时两组NE含量均高于t₀ ($P < 0.05$), L组低于C组 ($P < 0.05$); t₄时两组NE水平与t₀比较差异无统计学意义, L组与C组比较差异无统计学意义 (见图3)。

(4) 病人治疗满意度和不良反应

C组满意度26.7%, L组满意度比例为63.3%,

L组的满意度高于C组 ($P < 0.05$)。L组不良反应分别为: 头晕6例、心率减慢3例、特发性震颤1例; C组头晕4例, 两组不良反应差异无统计学意义。

讨 论

PRF已被证实可导致短暂的胶原沉积和神经水肿, 电镜下可以观察到轴突超微结构损伤、膜异常、

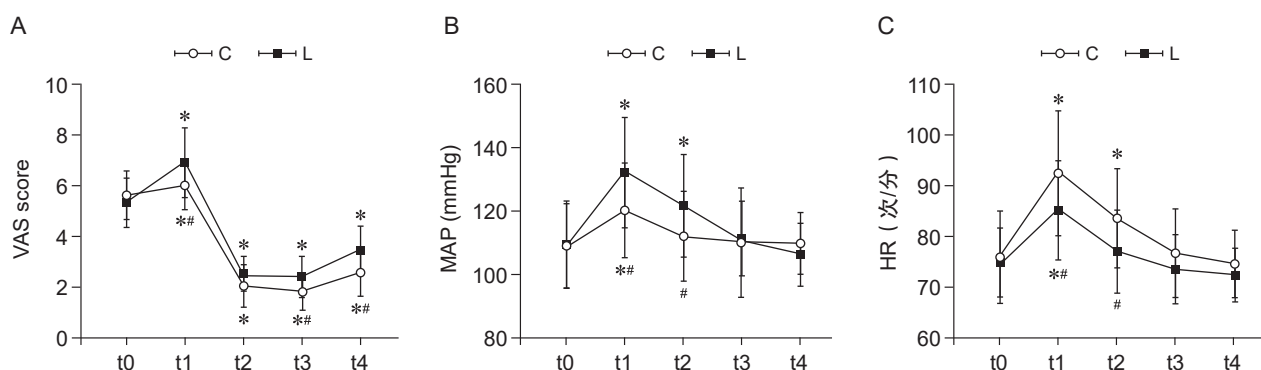


图2 静脉输注利多卡因组和对照组中各时间点 VAS、MAP 和 HR 的变化

(A) VAS 评分; (B) 平均动脉压; (C) 心率

* $P < 0.05$, 与 t0 相比; # $P < 0.05$, 与 C 组相比

Fig. 2 Comparison of VAS score, MAP and HR at different time points between group lidocaine (group L) and group control (group C)

(A) VAS score; (B) MAP; (C) HR

* $P < 0.05$, compared with t0; # $P < 0.05$, compared with group C.

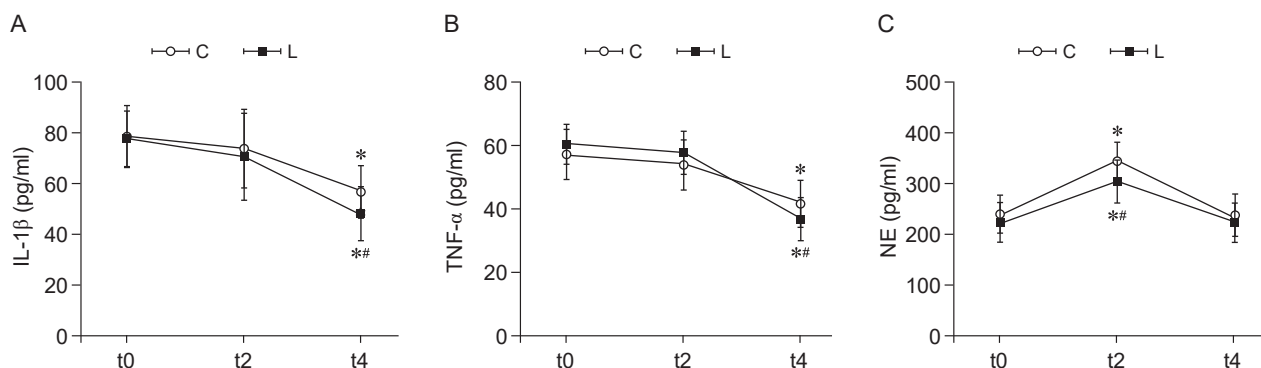


图3 两组病人各时间点 IL-1β、TNF-α 和 NE 血清浓度比较

* $P < 0.05$, 与 T0 相比; # $P < 0.05$, 与 C 组相比

Fig. 3 Comparison of serum concentrations of IL-1β, TNF-α, and NE at each time point between the two groups

* $P < 0.05$, compared with t0; # $P < 0.05$, compared with group C.

线粒体形态、微管和微丝解体^[8,9]。即使这些损伤是可逆的, PRF 对神经短暂的刺激作用仍不可避免。而神经性疼痛病人常合并痛觉过敏、自主神经功能紊乱、焦虑抑郁等, 对疼痛刺激更敏感, 这也会加剧恐惧紧张心理, 引起病人应激进而影响病人治疗体验。本研究病人 PRF 治疗时疼痛加剧的发生率为 57.3%, 高于进针时 (22.3%) 及注药时 (20.4%), 这与陈栋樑等^[10]的结果一致。其可能原因是治疗时射频产生的刺激与病人本身痛觉过敏共同作用加剧了疼痛。

本研究 PRF 治疗中 VAS 评分、MAP、HR 较术前升高。VAS 评分在 PRF 治疗结束后下降, MAP 和 HR 的升高在 PRF 治疗结束时仍存在, 治疗后 1 小时恢复至基线值。疼痛持续时间以及血压、心率升高时间短于陈栋樑等^[10]的结果。PRF 治疗

结束后对目标神经的支配区进行神经阻滞, 阻断了该区域的痛觉传导, 并且 PRF 的温度始终不超过 42.5℃, 不会造成神经永久性损伤, 使得 PRF 成为一个相对较短的刺激, 因此疼痛在治疗后缓解。PRF 治疗的病人对治疗过程舒适度的满意率仅为 34.5%, 与既往研究结果一致^[11]。

根据射频部位进行亚组分析发现, C₂ 背根神经节与三叉神经 PRF 治疗相关疼痛评分高, 满意度低, 这可能是解剖部位特殊性导致的。C₂ 背根神经节被寰枢椎韧带所覆盖, 不受骨性结构的保护, 容易受到损伤, 头下斜肌的痉挛或炎症均可压迫或刺激该神经^[12]。超声引导下 C₂ 背根神经节 PRF 治疗定位于头下斜肌与头半棘肌之间深处, 即可诱发出该处的疼痛。三叉神经为面部最粗大的混合神经, 包含感觉支和运动支^[13], 形成三叉神经的纤维分为伤害



性纤维(A δ 和C纤维)和低阈值机械感受器(A α 和A β 纤维)。在伤害性纤维中,C纤维和A δ 纤维都可以被有害的触发因素(如机械、热、电等)刺激激活^[14]。加之,C₂背根神经节与三叉神经均位于头面部,在进行射频时病人更易感觉到紧张,更易诱发疼痛。

周围神经损伤促使巨噬细胞和产生髓鞘的施万细胞协调炎症反应,使病人血清中IL-1 β 、IL-6、IL-8和TNF- α 水平均显著升高^[15]。局部伤害感受器阈值下降及中枢神经系统广泛敏感化在颈源性牵涉痛发生机制中占据着重要作用并伴随血清炎症因子的改变^[16]。利多卡因可以激活配体门控离子型谷氨酸受体,减少兴奋性突触前释放,通过减少红藻氨酸离子型谷氨酸受体的激活来减少细胞因子IL-1 β 、IL-6和TNF- α 释放,减轻神经炎症,使疼痛缓解^[17]。本研究观察到利多卡因组VAS评分低于对照组与上述研究相符,且在射频后1小时和24小时,利多卡因组的VAS评分也低于对照组。PRF治疗24小时后血清IL-1 β 、TNF- α 浓度较对照组下降,与Chu等^[5]在神经病理性疼痛的疼痛评分及炎症因子变化一致。PRF治疗中病人因紧张及疼痛刺激,激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统,继而引起血清NE浓度上升,血压、心率上升。本研究也观察到PRF治疗中,利多卡因组的VAS评分、NE水平较对照组下降。

本研究存在以下局限性:本研究为单中心的研究,尚需大样本多中心的研究来充实和丰富研究结论;本研究未对利多卡因的血药浓度进行检测,尚不能确定疼痛作用的峰值,因此无法完全确定其治疗相关疼痛的最佳预处理时间;利多卡因是否有远期效应也需进一步研究证实。

综上所述,静脉输注利多卡因能缓解PRF治疗相关疼痛,从而降低术中的应激,使病人在射频治疗中的循环更加平稳,提高病人满意度,同时可通过降低炎症因子水平缓解PRF治疗术后的疼痛。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

参 考 文 献

- [1] Chang MC. Efficacy of pulsed radiofrequency stimulation in patients with peripheral neuropathic pain: a narrative review[J]. *Pain Physician*, 2018, 21(3): E225-E234.
- [2] Dunn LK, Durieux ME. Perioperative use of intravenous lidocaine[J]. *Anesthesiology*, 2017, 126(4):729-737.
- [3] Hermanns H, Hollmann MW, Stevens MF, *et al.* Molecular mechanisms of action of systemic lidocaine in acute and chronic pain: a narrative review[J]. *Br J Anaesth*, 2019, 123(3):335-349.
- [4] Kandil E, Melikman E, Adinoff B. Lidocaine infusion: a promising therapeutic approach for chronic pain[J]. *J Anesth Clin Res*, 2017, 8(1):697.
- [5] Chu R, Umukoro N, Greer T, *et al.* Intravenous lidocaine infusion for the management of early postoperative pain: a comprehensive review of controlled trials[J]. *Psychopharmacol Bull*, 2020, 50(4 Suppl 1):216-259.
- [6] Borghi SM, Fattori V, Carvalho TT, *et al.* Experimental *trypanosoma cruzi* infection induces pain in mice dependent on early spinal cord glial cells and NF κ B activation and cytokine production[J]. *Front Immunol*, 2020, 11:539086.
- [7] Goncalves WA, Rezende BM, De Oliveira MPE, *et al.* Sensory ganglia-specific TNF expression is associated with persistent nociception after resolution of inflammation[J]. *Front Immunol*, 2019, 10:3120.
- [8] Sluiter ME, Teixeira A, Van Duijn B. Comment on: Erdine S *et al.*; ultrastructural changes in axons following exposure to pulsed radiofrequency fields[J]. *Pain Pract*, 2010, 10(3):262-263.
- [9] Erdine S, Bilir A, Cosman ER, *et al.* Ultrastructural changes in axons following exposure to pulsed radiofrequency fields[J]. *Pain Pract*, 2009, 9(6):407-417.
- [10] 陈栋樑, 仲俊峰, 黄兵, 等. 三叉神经痛颅外射频热凝舒适化治疗的流程与监护管理[J]. *中华全科医学*, 2021, 19(1):141-145.
- [11] 孟岚, 任浩, 赵春美, 等. 射频热凝和脉冲射频治疗三叉神经痛疗效和安全性评价[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2021, 27(12):898-904.
- [12] Malik K, Benzon HT. Radiofrequency applications to dorsal root ganglia: a literature review[J]. *Anesthesiology*, 2008, 109(3):527-542.
- [13] Jones MR, Urits I, Ehrhardt KP, *et al.* A comprehensive review of trigeminal neuralgia[J]. *Curr Pain Headache Rep*, 2019, 23(10):74.
- [14] Gambeta E, Chichorro JG, Zamponi GW. Trigeminal neuralgia: an overview from pathophysiology to pharmacological treatments[J]. *Mol Pain*, 2020, 16: 1744806920901890.
- [15] Liu MX, Zhong J, Xia L, *et al.* A Correlative analysis between inflammatory cytokines and trigeminal neuralgia or hemifacial spasm[J]. *Neurol Res*, 2019, 41(4):335-340.
- [16] 高珊, 王飞. 颈椎旁神经阻滞联合针刺治疗颈源性头痛临床疗效及其机制[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2022, 25(6):426-431.
- [17] Yang X, Wei X, Mu Y, *et al.* A review of the mechanism of the central analgesic effect of lidocaine[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(17):e19898.