

# 右美托咪定肋间神经阻滞对食管癌根治术患者术后疼痛的影响

曹静<sup>1</sup>, 蔡可庆<sup>1</sup>, 宦乡<sup>1</sup>, 吴桐<sup>2</sup>

1. 徐州市中心医院麻醉科, 江苏 徐州 221009; 2. 徐州医科大学附属医院麻醉科, 江苏 徐州 221009

**摘要:** **目的** 探讨右美托咪定肋间神经阻滞对食管癌根治术患者术后疼痛的影响。**方法** 将 90 例 2017 年 6 月至 2018 年 5 月在徐州市中心医院进行食管癌根治术的患者作为研究对象。全部患者随机分为研究组和对照组, 各 45 例。全部患者采用胸腹腔镜食管癌根治术治疗, 术后采用肋间神经阻滞进行镇痛。对照组给予罗哌卡因注射液。研究组在对照组基础上, 给予右美托咪定。于术后 4、8、12、24 h, 记录两组的生命体征指标 (HR、MAP、SpO<sub>2</sub>); 采用视觉模拟评分法 (VAS) 评估患者的疼痛程度; 采用 Ramsay 镇静评分标准评估患者的镇静状态。检测两组患者血清 5-羟色胺 (5-HT)、P 物质 (SP)、β-内啡肽 (β-EP)、神经肽 Y (NPY) 水平。记录两组的手术情况。**结果** 术后 4、8、12、24 h, 两组的 MAP、SpO<sub>2</sub> 比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 术后 8、12、24 h, 研究组的 HR 比对照组低, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 术后 8、12、24 h, 研究组的 VAS 评分比对照组低, Ramsay 评分比对照组高, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 术后 8、12、24 h, 研究组的 5-HT、SP、β-EP、NPY 比对照组低, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。两组的手术时间、术中失血量、苏醒时间、胃肠功能恢复时间比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。**结论** 右美托咪定肋间神经阻滞能进一步减轻食管癌根治术患者术后疼痛。

**关键词:** 右美托咪定; 肋间神经阻滞; 食管癌根治术; 疼痛; 镇静

**中图分类号:** R 735.1 R 453 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-8182(2019)09-1258-04

## Effect of dexmedetomidine intercostal nerve block on pain after radical resection of esophageal cancer

CAO Jing, CAI Ke-qing, HUAN Xiang, WU Tong

Department of Anesthesiology, Xuzhou Central Hospital, Xuzhou, Jiangsu 221009, China

Corresponding author: CAI Ke-qing, E-mail: 171788414@qq.com

**Abstract: Objective** To investigate the effect of dexmedetomidine intercostal nerve block on pain after radical resection of esophageal cancer. **Methods** A total of 90 patients who received radical resection of esophageal cancer in Xuzhou Central Hospital from June 2017 to May 2018 were selected and divided into study group and control group randomly ( $n = 45$ , each). All patients were treated with thoracoscopic and laparoscopic radical esophagectomy and intercostal nerve block for analgesia. The control group was given ropivacaine injection. The study group was given dexmedetomidine on the basis of the control group. The vital signs (HR, MAP, SpO<sub>2</sub>) of the two groups were recorded at 4, 8, 12 and 24 hours after the operation. Visual analogue scale (VAS) was used to evaluate the degree of pain and Ramsay sedation score was used to evaluate the sedation status of the patients. Serum levels of 5-hydroxytryptamine (5-HT), substance P (SP), β-endorphin (β-EP) and neuropeptide Y (NPY) were measured in both groups. The operation conditions of the two groups were recorded. **Results** At 4, 8, 12 and 24 hours after operation, there was no significant difference in MAP and SpO<sub>2</sub> between the two groups (all  $P > 0.05$ ). HR of the study group was significantly lower than that of the control group at 8, 12 and 24 hours after operation (all  $P < 0.05$ ). At 8, 12 and 24 hours after operation, the VAS score of the study group was significantly lower than that of the control group, and the Ramsay score was significantly higher than that of the control group (all  $P < 0.05$ ). At 8, 12 and 24 hours after operation, 5-HT, SP, β-EP and NPY in the study group were significantly lower than those in the control group (all  $P < 0.05$ ). There was no significant difference in operation time, intraoperative blood loss, recovery time and recovery time of gastrointestinal function between the two groups (all  $P > 0.05$ ). **Conclusion**

Dexmedetomidine intercostal nerve block could further relieve pain after radical resection of esophageal cancer.

**Key words:** Dexmedetomidine; Intercostal nerve block; Radical resection of esophageal cancer; Pain; Sedation

食管癌是临床消化系统常见的恶性肿瘤,早期诊治治愈率较高。根治术是食管癌的首选治疗方式,但术后疼痛较为剧烈,可引起患者肺不张、感染等并发症,对术后恢复造成严重影响<sup>[1]</sup>。肋间神经阻滞是上腹部手术后最常用的镇痛手段,能有效降低围术期的应激反应,减轻患者疼痛<sup>[2]</sup>。目前国内肋间神经阻滞以单一局麻药(罗哌卡因)为主,由于镇痛持续时间有限,临床整体镇痛效果不佳。右美托咪定是种高选择 $\alpha_2$ 肾上腺素受体激动剂,具有镇痛、镇静等作用,能降低围术期躁动和谵妄的发生,减轻术后机体应激反应,与其他麻醉药物联用,能有效提高神经阻滞的镇痛效果<sup>[3]</sup>。本研究对 45 例食管癌根治术患者术后采用右美托咪定肋间神经阻滞,探讨其镇痛效果。现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选取 2017 年 6 月至 2018 年 5 月在徐州市中心医院进行食管癌根治术的患者 90 例作为研究对象,将全部患者根据就诊顺序按照随机数字表法分为研究组和对照组,各 45 例。研究组男 28 例,女 17 例;年龄 48 ~ 71 (59.10 ± 6.34) 岁;病程 0.5 ~ 5 (2.69 ± 0.71) 年;体重 43 ~ 76 (58.04 ± 7.15) kg;临床 TNM 分期分为 I 期 8 例,II 期 21 例,III 期 16 例;美国麻醉医师协会(ASA)分级分为 I 级 20 例,II 级 25 例;病变部位分为胸上段 11 例,胸中段 21 例,胸下段 13 例。对照组男 24 例,女 21 例;年龄 49 ~ 70 (59.05 ± 6.43) 岁;病程 0.6 ~ 5.1 (2.72 ± 0.76) 年;体重 44 ~ 75 (58.18 ± 7.20) kg;临床 TNM 分期分为 I 期 10 例,II 期 20 例,III 期 15 例;美国麻醉医师协会(ASA)分级分为 I 级 21 例,II 级 24 例;病变部位分为胸上段 13 例,胸中段 20 例,胸下段 12 例。两组的男女比、年龄、病程、体重、临床 TNM 分期、ASA 分级等资料比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),具有可比性。

**1.2 纳入和排除标准** 纳入标准:(1)全部患者经胃镜、病理学检测确诊为食管癌;(2)全部患者采用胸腔镜食管癌根治术治疗,手术均顺利完成;(3)ASA I ~ II 级;(4)患者对本研究所有措施知情,签订同意书。排除标准:(1)手术禁忌证;(2)心脑血管、肝肾功能、造血功能、神经功能等严重功能不全者;(3)内分泌系统、自身免疫性病变者;(4)伴有其他创伤、急慢性感染等病变;(5)肿瘤远处转移者;(6)伴有其他慢性疼痛病变;(7)药物依赖史。

**1.3 方法** 全部患者给予胸腔镜食管癌根治术治疗,术前常规禁食禁饮,采用气管插管全身麻醉,术前肌肉注射苯巴比妥 0.1 g、阿托品 0.5 mg。给予丙泊酚 2.0 mg/kg,芬太尼 2.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、咪达唑仑 0.03 ~ 0.05 mg/kg 进行麻醉诱导。然后给予舒芬太尼 0.15  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、丙泊酚 4.0 ~ 8.0 mg/kg 进行麻醉维持,间断注射液维库溴铵,七氟醚维持麻醉。关胸前停止所有麻醉药物注入。关胸前直视下选取切口上下各一肋间神经,持续泵注适量药物进行肋间神经阻滞镇痛。对照组:给予罗哌卡因注射液肋间神经阻滞,注入罗哌卡因注射液,每处 5 ml。研究组:在对照组基础上,给予右美托咪定,泵注右美托咪定注射液,剂量 0.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

**1.4 观察指标** 于术后 4、8、12、24 h,监测患者的生命体征指标,包括心率(HR)、中心静脉压(MAP)、氧分压( $\text{SpO}_2$ )。采用视觉模拟评分法(VAS)评估患者的疼痛程度<sup>[4]</sup>;采用 Ramsay 镇静评分标准评估患者的镇静状态。采集患者静脉血 3 ml,采用酶联免疫吸附法检测血清的 5-羟色胺(5-HT)、P 物质(SP)、 $\beta$ -内啡肽( $\beta$ -EP)、神经肽 Y(NPY)水平。记录两组的手术情况,包括手术时间、术中失血量、苏醒时间、胃肠功能恢复时间。

**1.5 统计学处理** 全部数据录入 SPSS 21.0 处理分析。计数资料组间对比行 $\chi^2$ 检验;计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组内比较采用配对  $t$  检验,重复检测的计量资料比较行方差分析。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 两组的生命体征比较** 术后 4、8、12、24 h,两组的 MAP、 $\text{SpO}_2$  比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ );术后 8、12、24 h,研究组的 HR 比对照组低,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 1。

**2.2 两组的 VAS 评分和 Ramsay 评分对比** 术后 8、12、24 h,研究组的 VAS 评分比对照组低,Ramsay 评分比对照组高,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 2。

**2.3 两组的疼痛介质对比** 术后 8、12、24 h,研究组的 5-HT、SP、 $\beta$ -EP、NPY 比对照组低,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 3。

**2.4 两组的手术情况对比** 两组的手术时间、术中失血量、苏醒时间、胃肠功能恢复时间比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 4。

表 1 两组围术期生命体征对比 ( $n=45, \bar{x} \pm s$ )

分组	时间	HR(次/min)	MAP(mm Hg)	SpO <sub>2</sub> (%)
研究组	术后 4 h	72.54 ± 3.27	98.73 ± 9.48	92.31 ± 1.43
	术后 8 h	76.98 ± 4.15 <sup>a</sup>	94.15 ± 8.20	92.74 ± 1.39
	术后 12 h	74.20 ± 3.96 <sup>a</sup>	89.43 ± 7.27	92.28 ± 1.50
	术后 24 h	72.35 ± 3.71 <sup>a</sup>	84.01 ± 7.16	93.10 ± 1.39
对照组	术后 4h	77.09 ± 4.10	97.81 ± 9.50	92.40 ± 1.36
	术后 8 h	81.13 ± 5.08	93.91 ± 8.42	92.80 ± 1.34
	术后 12 h	78.04 ± 4.39	87.96 ± 7.05	92.52 ± 1.48
	术后 24 h	76.12 ± 4.04	82.36 ± 6.95	93.02 ± 1.00

注:与对照组同时间段对比,<sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

表 2 两组的围术期 VAS 评分和 Ramsay 评分对比

( $n=45, \bar{x} \pm s$ )

分组	时间	VAS 评分	Ramsay 评分
研究组	术后 4 h	2.24 ± 0.25	2.02 ± 0.42
	术后 8 h	2.63 ± 0.31 <sup>a</sup>	2.71 ± 0.64 <sup>a</sup>
	术后 12 h	2.71 ± 0.65 <sup>a</sup>	2.92 ± 0.75 <sup>a</sup>
	术后 24 h	2.42 ± 0.49 <sup>a</sup>	2.51 ± 0.62 <sup>a</sup>
对照组	术后 4 h	2.31 ± 0.29	1.89 ± 0.39
	术后 8 h	2.98 ± 0.42	1.97 ± 0.52
	术后 12 h	3.25 ± 0.51	2.28 ± 0.63
	术后 24 h	3.03 ± 0.76	2.02 ± 0.49

注:与对照组同时间段对比,<sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

表 3 两组围术期疼痛介质对比 ( $n=45, \bar{x} \pm s$ )

分组	5-HT(pg/ml)	SP(pg/ml)	$\beta$ -EP(pg/ml)	NPY( $\mu$ g/ml)
研究组				
术后 4 h	169.42 ± 19.17	20.18 ± 2.76	0.32 ± 0.06	118.74 ± 15.60
术后 8 h	193.14 ± 21.89 <sup>a</sup>	36.42 ± 3.19 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.07 <sup>a</sup>	130.91 ± 17.25 <sup>a</sup>
术后 12 h	229.83 ± 24.05 <sup>a</sup>	40.71 ± 3.86 <sup>a</sup>	0.50 ± 0.06 <sup>a</sup>	147.06 ± 19.15 <sup>a</sup>
术后 24 h	216.91 ± 23.54 <sup>a</sup>	38.13 ± 3.62 <sup>a</sup>	0.47 ± 0.05 <sup>a</sup>	141.83 ± 18.65 <sup>a</sup>
对照组				
术后 4 h	165.86 ± 19.34	19.97 ± 2.81	0.33 ± 0.05	116.92 ± 16.03
术后 8 h	220.67 ± 23.94	41.65 ± 3.42	0.52 ± 0.05	152.36 ± 18.47
术后 12 h	271.76 ± 28.13	47.10 ± 4.05	0.59 ± 0.07	180.72 ± 23.04
术后 24 h	254.85 ± 26.30	43.09 ± 3.87	0.48 ± 0.06	165.42 ± 19.18

注:与对照组同时间段对比,<sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

表 4 两组的手术情况对比 ( $n=45, \bar{x} \pm s$ )

分组	手术时间(h)	术中失血量(ml)	苏醒时间(min)	胃肠功能恢复时间(h)
研究组	4.52 ± 1.09	109.83 ± 15.60	9.48 ± 2.15	29.47 ± 4.16
对照组	4.43 ± 1.13	112.74 ± 14.92	9.13 ± 2.39	34.08 ± 5.23

### 3 讨论

外科手术是治疗食管癌的首选治疗方法,能有效切除病灶,但术后疼痛较为剧烈,可引起机体的呼吸、泌尿、免疫等系统出现生理或病理改变,阻碍术后恢复<sup>[5]</sup>。制定有效的术后镇痛方案对促进食管癌患者术后恢复和降低并发症的发生具有重要临床意义。肋间神经阻滞是上腹部手术术后常用的镇痛方式,具有操作简便、镇痛好、并发症少等优势<sup>[6]</sup>。由于肋间神经具有重叠性,本研究选取切口相邻的上下肋间一

起阻滞,以保障肋间阻滞的镇痛效果。罗哌卡因是种氨基酰胺类麻醉药物,主要用于外科手术术后镇痛,也是肋间神经阻滞最常用的药物之一,可有效阻断肋间神经痛觉信号传入和伤害性冲动向中枢传递,抑制神经末梢痛觉过敏和可塑性变化,且不影响肋间呼吸肌的运动<sup>[7]</sup>。由于肋间神经阻滞镇痛过程中无法持续补充药物,单一的罗哌卡因的镇痛效果难以持久,部分患者术后镇痛效果不佳。如何提高及延长肋间神经阻滞的镇痛效果成为广大麻醉医师关注的焦点。右美托咪定可直接作用于中枢神经和外周神经,具有镇痛、镇静双重效应,且不会引起呼吸抑制。右美托咪定通过激动神经突触的  $\alpha 2$  受体,抑制去甲肾上腺素的表达,降低患者心率水平,还能促进微血管扩张,降低儿茶酚胺的水平,保持机体血流动力学稳定<sup>[8]</sup>。右美托咪定用于神经阻滞麻醉,可延长局麻药物的感觉阻滞时间,减轻局部炎症反应,抑制去甲肾上腺素的释放,阻碍伤害性疼痛的传递,提高镇痛效果<sup>[9]</sup>。本研究结果发现,术后 8、12、24 h,研究组的 HR、VAS 评分比对照组低,Ramsay 评分比对照组高。结果提示,右美托咪定可有效提高食管癌患者术后的镇痛、镇静效果,其可能的原因为术后 8 h 对照组罗哌卡因的镇痛效果逐渐减弱,而研究组右美托咪定能有效延长罗哌卡因的镇痛时间,发挥协同镇痛效应,有效减轻了患者的疼痛程度,还发挥了镇静作用,有助于降低围术期躁动的发生,促使患者的 HR 保持相对稳定,保证患者顺利度过围术期。

疼痛的发生、发展与疼痛介质异常表达关系密切,疼痛刺激可诱导机体产生大量的疼痛介质,增加神经末梢的敏感性和痛觉神经信号的传递<sup>[10]</sup>。监测疼痛介质的水平,对了解患者的疼痛程度,评估镇痛效果具有重要临床意义。NPY 主要是由下丘脑分泌的多肽,广泛分布于外周神经系统,参与痛觉信号上传,与患者的疼痛阈值密切相关<sup>[11]</sup>。5-HT 能将外周伤害性感受器的疼痛信号传至中枢神经系统产生痛觉<sup>[12]</sup>。5-HT 的水平与疼痛的程度呈正比。 $\beta$ -EP 是种内源性阿片类多肽物质,主要分布于垂体和下丘脑,具有强效的镇痛作用,疼痛刺激可促进  $\beta$ -EP 水平明显升高,以对抗疼痛感受<sup>[13]</sup>。 $\beta$ -EP 还能抑制机体 5-HT、SP 等疼痛介质的释放和痛觉信号的传递。SP 是主要分布于神经纤维的神经肽,参与痛觉的传递,能促进脑啡肽分泌发挥镇痛作用,还能引起血管扩张及血管内皮通透性改变,加剧神经源性炎症反应<sup>[14]</sup>。本研究结果显示,术后 8、12、24 h,研究组的 5-HT、SP、 $\beta$ -EP、NPY 比对照组低。结果提示,右美托

- 99.

- [3] Siegel RL, Miller KD, Dvm AJ. Cancer statistics, 2018 [J]. CA-Cancer J Clin, 2018, 68(1):11.
- [4] Fan L, Strasser-Weippl K, Li JJ, et al. Breast cancer in China [J]. Lancet Oncol, 2014, 15(7):e279 - e289.
- [5] Kris A, Simon E, David M. Modelling the radiobiological effect of intraoperative X-ray brachytherapy for breast cancer using an air-filled spherical applicator [J]. J Contemp Brachytherapy, 2016, 8(4):313 - 318.
- [6] 富沛涛, 张鹏, 王文瑀, 等. 彩超定位下空芯针穿刺活检在乳腺癌早期诊断的临床应用 [J]. 中国临床研究, 2014, 27(4):468 - 469.
- [7] Sahab ZJ, Man YG, Byers SW, et al. Putative biomarkers and targets of estrogen receptor negative human breast cancer [J]. Int J Mol Sci, 2011, 12(7):4504 - 4521.
- [8] Zhang SJ, Hu Y, Qian HL, et al. Expression and significance of ER, PR, VEGF, CA153, CA125 and CEA in judging the prognosis of breast cancer [J]. Asian Pac J Cancer Prev, 2013, 14(6):3937 - 3940.

- [9] 程任捷, 唐文成. 多种超声技术与 X 线钼靶联合诊断乳腺癌的应用价值 [J]. 中国临床研究, 2017, 30(8):1123 - 1125.
- [10] Wang GP, Qin Y, Zhang JX, et al. Nipple discharge of CA153, CA125, CEA and TSGF as a new biomarker panel for breast cancer [J]. Int J Mol Sci, 2014, 15(6):9546 - 9565.
- [11] 王刚平, 梅岚, 徐凤亮, 等. 分子标记物 CEA、TSGF、OPN 及 CA125 在乳腺癌及增生性病变诊断中的应用 [J]. 中国实用医刊, 2014, 41(8):1 - 4.
- [12] 江晓聪, 潘秀花, 蓝玉宏. CTC 和肿瘤标志物在监测转移性乳腺癌疗效及预后中的价值 [J]. 热带医学杂志, 2018, 18(8):102 - 105.
- [13] Kato T, Ishikawa K, Aragaki M, et al. Optimal predictive value of preoperative serum carcinoembryonic antigen for surgical outcomes in stage I non-small cell lung cancer: differences according to histology and smoking status [J]. J Surg Oncol, 2013, 107(6):619 - 624.
- [14] Wu SG, He ZY, Ren HY, et al. Use of CEA and CA153 to predict axillary lymph node metastasis in patients with breast cancer [J]. J Cancer, 2016, 7(1):37 - 41.

收稿日期:2018 - 12 - 10 编辑:王娜娜

(上接第 1260 页)

咪定可有效降低食管癌患者围术期 5-HT、SP、 $\beta$ -EP、NPY 等疼痛介质的释放,有利于抑制痛觉的传递,这可能是其提高镇痛效果的作用机制,有待临床进一步研究探讨。

#### 参考文献

- [1] 马明全, 姜宏景, 弓磊, 等. 胸腔镜与开放食管癌根治术后并发症及应激反应的比较研究 [J]. 中华胃肠外科杂志, 2016, 19(4):401 - 405.
- [2] 王进, 王祥, 陈为国. 肋间神经阻滞在食管癌术后镇痛效果研究 [J]. 徐州医学院学报, 2016, 36(6):403 - 405.
- [3] 余露, 盛良, 杭东元, 等. 不同剂量右美托咪定对罗哌卡因肋间神经阻滞效果的影响 [J]. 临床麻醉学杂志, 2016, 32(12):1217 - 1218.
- [4] 严广斌. 视觉模拟评分法 [J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2014, 8(2):273.
- [5] 万军, 康宁宁, 葛威, 等. 胸腹腔镜联合食管癌根治术的手术方法安全性及临床效果分析 [J]. 安徽医学, 2016, 37(6):649 - 652.
- [6] 钱慧华, 袁光华, 宗林. 肋间神经阻滞联合静脉自控镇痛对食管癌术后疼痛及早期呼吸功能影响 [J]. 临床军医杂志, 2017, 45(7):739 - 741.
- [7] 李硕, 王哲, 张广健, 等. 罗哌卡因肋间神经阻滞在胸腔镜术后

多模式镇痛作用 [J]. 西北药学杂志, 2018, 33(3):385 - 388.

- [8] 杨海扣, 周静, 拾翠翠, 等. 右美托咪定复合罗哌卡因在乳腺癌术后镇痛中的应用 [J]. 广东医学, 2017, 38(3):466 - 467, 471.
- [9] 沈亚建, 方军, 俞洋, 等. 不同剂量右美托咪啶复合肋间神经阻滞在乳腺区段手术的疗效比较 [J]. 中华内分泌外科杂志, 2017, 11(3):228 - 232.
- [10] Tejada-Arango DA, Wogrin S, Centeno E. Representation of storage operations in network-constrained optimization models for medium- and long-term operation [J]. IEEE Trans Power Syst, 2018, 33(1):386 - 396.
- [11] Singla B, Malde AD. A prospective observational study of injection pain in children with medium plus long chain triglyceride and long chain triglyceride propofol premixed with lignocaine [J]. Indian J Anaesth, 2018, 62(3):214 - 218.
- [12] 孔二亮, 吴飞翔, 俞卫锋. 5-羟色胺受体及其在疼痛调控中的研究进展 [J]. 第二军医大学学报, 2016, 37(12):1517 - 1523.
- [13] 吴丽, 王丽丽, 费文婷, 等. 芍药苷和芍药内酯苷对小鼠疼痛模型的镇痛作用及对  $\beta$ -EP、PGE2 的影响 [J]. 中华中医药杂志, 2018, 33(3):915 - 918.
- [14] Rathore GAE AK, Samanta S. Analysis and design of load independent ZPA operation for P/S, PS/S, P/SP and PS/SP tank networks in IPT applications [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2018(99):1.

收稿日期:2018 - 11 - 28 编辑:王娜娜