

# 准分子激光在冠状动脉介入治疗中的应用进展

徐英恺 李拥军

**【摘要】** 准分子激光冠状动脉内消融术(ELCA)是一种新兴技术,其释放的热量少,对血管内皮等正常组织损伤小,安全性更高,学习曲线相对较短。准分子激光已应用于冠状动脉钙化病变、球囊难以通过或难以扩张的病变、支架内再狭窄、慢性完全闭塞病变等复杂病变。该文介绍准分子激光冠状动脉内消融术在冠状动脉介入治疗中的应用。

**【关键词】** 准分子激光;消融;冠状动脉介入治疗

doi:10.3969/j.issn.1673-6583.2018.04.002

准分子激光是以氩气和氯化氢为媒介,经 308 nm 紫外短波脉冲形成氯化氩准分子的脉冲气体激光。冠状动脉(冠脉)内非水性物质如动脉粥样硬化斑块、血栓,经 308 nm 准分子激光照射后,吸收激光所产生的能量而被消融<sup>[1]</sup>。准分子激光为 308 nm 氯化氩紫外冷激光,与上一代长波长的热激光相比,穿透深度较浅( $<50\ \mu\text{m}$ ),释放的热量更少,对血管内皮等正常组织损伤小,安全性更高。目前准分子激光已应用于冠脉内钙化病变、球囊难以通过的病变、支架内再狭窄(ISR)、慢性完全闭塞病变(CTO)、急性血栓病变等复杂冠脉病变。

## 1 工作原理及操作

准分子激光消融冠脉内病变由 3 种不同的机制介导:光化学效应、光热效应、光机械效应。准分子激光脉冲被冠脉内物质吸收,破坏其中的碳-碳双键,即为光化学作用。细胞在吸收激光能量后出现内部温度升高,细胞破裂,进而在导管前端产生微气泡,即为光热效应。这些微气泡的膨胀和爆缩产生冲击波,进一步分解血管内的阻塞成分,即为光机械效应<sup>[2]</sup>。

在准分子激光冠脉内消融过程中,每个消融周期中有 10 s 的间歇,以便于评估激光导管的位置或回撤激光导管使血流再次充盈。在消融 ISR 和严重的钙化病变时也可调高治疗参数,但最大能量不超过  $80\ \text{mJ}/\text{mm}^2$ ,频率不超过 80 Hz。准分子激光导管以常规导丝为导引轨道,可保证激光发射方向

平行于血管走形而不损伤血管壁。一般选择直径为血管参考直径  $2/3$  的激光导管。待准备完毕后,校准激光导管的刻度并选择合适的治疗参数,头端通过导引导丝送入冠脉内并消融冠脉内病变<sup>[3]</sup>。在消融过程中须不断向鞘内注入生理盐水进行冲洗以减少激光对正常组织的损害,同时防止病变组织在吸收激光能量过程中产生高能量的冲击波而导致冠脉夹层。在消融严重的钙化病变和 ISR 等特殊病变时,可在保证安全的前提下适当推注碘对比剂以增加激光的消融效应<sup>[4]</sup>。消融结束后,向鞘管内注入硝酸甘油,并再次行造影评估治疗效果,观察患者有无并发症,根据造影结果选择合适的球囊扩张和支架置入。

## 2 在钙化病变中的应用

钙化病变难以通过单纯球囊扩张达到良好的治疗效果。支架释放后,也更容易出现支架膨胀不全、贴壁不良等情况。单纯使用高压球囊扩张来纠正上述情况,可能会出现夹层等严重的并发症。对于严重的钙化病变,切割球囊和冠脉旋磨术极大地改善了疗效<sup>[5]</sup>。但冠脉旋磨术不能同时对分支进行保护,而准分子激光冠脉内消融术可以在边支预置保护导丝,操作更加安全。在钙化病变中,有时支架须经平行导丝技术才可推送到位,但在支架释放后可能造成平行导丝回撤困难,准分子激光冠脉内消融术适用于上述情况,可使 PCI 操作过程更加简便。Kadohira 等<sup>[6]</sup>报道,应用准分子激光冠脉内消融术(能量  $80\ \text{mJ}/\text{mm}^2$ 、频率 80 Hz)反复消融支架下残存钙化病变,平行导丝回撤成功,避免了严重并发症和补救性外科处理<sup>[6]</sup>。

对于某些严重的钙化病变,准分子激光冠脉内消融术无法进行消融,但可松解钙化病变的结构,使钙化病变的局部断裂,钙化斑块内出现细小的多发的夹层<sup>[7]</sup>。坚硬的钙化病变经消融松解后,旋磨导丝等设备可顺利通过,这为进一步球囊充分扩张创造了条件。Yin 等<sup>[8]</sup>报道,对前降支近中段钙化病变,原支架贴壁不充分,使用激光导管消融(能量 60 mJ/mm<sup>2</sup>、频率 80 Hz)后,钙化病变依然存在,但出现多处细小结构的断裂,后扩球囊充分扩张,原支架贴壁充分。

相对于切割球囊、冠脉旋磨等技术,准分子激光冠脉内消融术具有较高的成功率、安全性和可行性。2004 年, Bilodeau 等<sup>[9]</sup>通过临床试验得出上述结论。Fernandez 等<sup>[10]</sup>对 18 例球囊难以通过或扩张的 CTO 病例和 40 例钙化病例应用准分子激光冠脉内消融术进行治疗,手术成功率为 71.6%。Badr 等<sup>[11]</sup>对 119 例经准分子激光冠脉内消融术治疗的冠心病患者进行研究,其中钙化病变 25 例,成功率为 80%,10 例发生了夹层、无复流等并发症,与其他类型的病变相比,钙化病变的成功率仍偏低,这与钙化病变自身的特点有关。Tarsia 等<sup>[12]</sup>将采用准分子激光冠脉内消融术的 100 例患者分为 3 组,急性心肌梗死患者 51 例(组 1),冠状动脉粥样硬化稳定性斑块患者 36 例(组 2)和钙化病变患者 13 例(组 3),均接受准分子激光冠脉内消融术。结果显示,组 1 和组 2 的手术成功率明显高于组 3,组 3 再次介入治疗率较组 1 和组 2 明显增高。

### 3 在 CTO 中的应用

CTO 通常是由易损斑块破裂继发血栓形成,进而发生血栓机化、纤维化和钙盐沉积,导致冠脉管腔完全闭塞,且持续时间超过 3 个月。与普通病变相比,CTO 病变治疗难度大,风险高,手术成功率低,是心血管介入领域最具难度和挑战性的病变<sup>[13]</sup>。应用准分子激光冠脉内消融术可对 CTO 病变中的血栓、钙化成分等进行消融,对于导丝可通过但球囊无法通过的 CTO 病变效果更好。Karacsonyi 等<sup>[14]</sup>研究了 701 例导丝通过病变并经证实存在真腔的 CTO 患者,其中 63 例球囊未能通过病变。球囊未能通过病变组旋磨术(16%)、准分子激光冠脉内消融术(18%)等特殊技术使用率高,准分子激光冠脉内消融术的成功率为 95%。

螺旋穿通微导管或旋磨术也可应用于此类病变,但冠脉旋磨术需专用导丝,有时冠脉导丝尚可

通过 CTO 病变,但旋磨导丝则无法通过,导致无法进行旋磨。螺旋穿通微导管有时亦无法通过某些 CTO 病变。激光导管可经冠脉导丝送入病变处进行消融,解决了这一难题。Sueta 等<sup>[15]</sup>对 1 例右冠脉中段 CTO 且微导管、旋磨导丝均无法通过的病变,使用准分子激光冠脉内消融术(能量 60 mJ/mm<sup>2</sup>、频率 40 Hz)进行消融,成功开通 CTO 病变。Ambrosini 等<sup>[16]</sup>对 96 例使用准分子激光冠脉内消融术的复杂冠脉病变(CTO、钙化病变)进行了研究,操作成功率为 93.7%,所有患者均未发生穿孔、夹层、无复流等心脏不良事件。进一步证实了准分子激光冠脉内消融术的安全性和可行性。

### 4 在支架膨胀不良或 ISR 病变中的应用

在药物洗脱支架时代,常用的技术如单纯高压球囊扩张、冠脉旋磨术等应对支架内膨胀不良或 ISR 病变效果往往不理想,甚至会出现冠脉夹层、穿孔等严重并发症。旋磨术在治疗 ISR 病变时,磨头由于支架的屏障作用无法充分有效旋磨支架下病变。如换用较大的磨头则会将金属支架一并旋磨,产生的碎片可能会导致远端血管阻塞。在原支架狭窄病变处置入另一新支架会导致新旧支架之间形成“夹心三明治”现象,出现即刻的支架内再狭窄,甚至发生支架内血栓<sup>[17]</sup>。药物球囊的支撑力有限,对于硬度较大的病变无法充分扩张,亦不能解决上述问题。

准分子激光冠脉内消融术可在不损伤支架钢梁结构的情况下,对支架外的病变进行消融。Lam 等<sup>[18]</sup>报道 1 例前降支中段非钙化病变,支架置入后中段膨胀不良,使用准分子激光冠脉内消融术(能量 60 mJ/mm<sup>2</sup>、频率 40 Hz)于膨胀不良处反复消融,并再次进行高压球囊扩张,最终后扩球囊扩张充分,支架膨胀良好。准分子激光冠脉内消融术通过消融支架下的潜在病变组织,治疗支架内再狭窄,获得更大的管腔面积,亦可增加靶病变的血流。Ichimoto 等<sup>[19]</sup>研究了 81 例 ISR 患者,23 例接受了准分子激光冠脉内消融术治疗,58 例采取单纯介入治疗,术后冠脉实时定量分析(QCA)显示,前者管腔面积较后者明显增加[(1.64±0.48) mm 对 (1.26±0.42) mm,  $P<0.001$ ]。

支架内膨胀不良或 ISR 病变处往往硬度较大,需要在消融过程中注入碘对比剂来增强激光的消融效果<sup>[20]</sup>。在保证安全的前提下,适度提高参数设置(增加能量选择和频率),也能对支架下病变进行

消蚀,达到支架膨胀完全的效果。Latib 等<sup>[21]</sup>对 28 例经高压球囊治疗失败的支架膨胀不良或 ISR 患者行准分子激光冠脉内消蚀术 $[(62 \pm 12) \text{ mJ/mm}^2, (62 \pm 21) \text{ Hz}]$ , 27 例经治疗后支架膨胀完全,成功率 96.4%,在消蚀过程中均注入了碘对比剂。血管内超声和冠脉实时定量分析评估结果使支架内最小管腔截面由术前的 $(3.5 \pm 1.1) \text{ mm}^2$ 增加至术后 $(7.1 \pm 1.9) \text{ mm}^2$ ;支架内最小直径由术前的 $(1.6 \pm 0.6) \text{ mm}$ 增加至术后 $(2.6 \pm 0.6) \text{ mm}$ 。除 1 例发生围手术期心肌梗死外,其他患者均无穿孔、夹层等不良事件发生。

## 5 在急性血栓性病变中的应用

激光导管相对于传统的血栓抽吸导管具有更好的通过性,且在激光消蚀过程中产生的碎片直径小,无需远端保护装置,操作相对简单。另外,准分子激光具有独特的抑制血小板聚集的作用。Shishikura 等<sup>[22]</sup>对比研究了在球囊扩张和支架置入前接受准分子激光冠脉内消蚀术(50 例)和血栓抽吸(48 例)的急性冠脉综合征或急性心肌梗死患者。准分子激光消蚀组术后 TIMI 血流 3 级发生率(86.0%对 68.8%, $P=0.04$ )、心肌灌注染色分级 BMG(76.0%对 54.2%, $P=0.02$ )均优于血栓抽吸组,而血栓抽吸组住院期间心血管不良事件发生率明显高于准分子激光消蚀组。

准分子激光冠脉内消蚀术降低了发生无复流的风险,具有防止远端栓塞的作用,可改善心肌的微循环,从而改善长期预后。Ambrosini 等<sup>[23]</sup>观察准分子激光冠脉内消蚀术后心肌梗死患者的远期预后,在 66 例急性心肌梗死且造影显示血管完全闭塞并全部接受经准分子激光冠脉内消蚀术的患者中,记录患者校正的 TIMI 帧数(CTFC,基线为 100)。患者在接受准分子激光冠脉内消蚀术后 CTFC 均值为 $29 \pm 0.6$ ,在接受支架治疗后 CTFC 均值为 $22 \pm 3$ 。在 6 个月的随访中,心脏超声评价左室重构的发生率仅为 8%,术后 6 个月的生存率为 95%。

准分子激光冠脉内消蚀术除用于治疗上述病变外,还可用来治疗大隐静脉桥血管病变、下肢动脉硬化闭塞症和其他外周血管病变<sup>[24]</sup>,随着临床研究的深入,该技术将得到更多方面的应用。

## 参 考 文 献

[1] Bittl JA, Chew DP, Topol EJ, et al. Meta-analysis of randomized trials of percutaneous transluminal coronary

angioplasty versus atherectomy, cutting balloon atherotomy, or laser angioplasty[J]. J Am Coll Cardiol, 2004, 43(6): 936-942.

- [2] Ben-Dor I, Maluenda G, Pichard AD, et al. The use of excimer laser for complex coronary artery lesions [J]. Cardiovasc Revasc Med, 2011, 12(1):e1-e8.
- [3] Ebersole D, Dahm JB, Das T, et al. Excimer laser revascularization of saphenous vein grafts in acute myocardial infarction[J]. J Invasive Cardiol, 2004, 16(4):177-180.
- [4] Tcheng JE. Saline infusion in excimer laser coronary angioplasty[J]. Semin Interv Cardiol, 1996, 1(2):135-141.
- [5] Mckenize DB, Talwar S, Jokhi PP, et al. How should I treat severe coronary artery calcification when it is not possible to dilate a balloon or deliver a RotaWire™? [J]. EuroIntervention, 2011, 6(6):779-783.
- [6] Kadohira T, Schwarcz AI, De Gregorio J. Successful retrieval of an entrapped guide wire between a deployed coronary stent and severely calcified vessel wall using excimer laser coronary atherectomy[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2015, 85(2):E39-E42.
- [7] Gemma D, Galeote García G, Sánchez-Recalde Á. Effects of excimer laser coronary atherectomy assessed by OCT[J]. Rev Esp Cardiol (Engl Ed), 2017, 70(2):116.
- [8] Yin D, Maehara A, Mezzafonte S, et al. Excimer laser angioplasty-facilitated fracturing of napkin-ring peri-stent calcium in a chronically underexpanded stent [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2015, 8(8):e137-e139.
- [9] Bilodeau L, Fretz EB, Taeymans Y, et al. Novel use of a high-energy excimer laser catheter for calcified and complex coronary artery lesions [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2004, 62(2):155-161.
- [10] Fernandez JP, Hobson AR, McKenzie D, et al. Beyond the balloon: excimer coronary laser atherectomy used alone or in combination with rotational atherectomy in the treatment of chronic total occlusions, non-crossable and non-expandable coronary lesions[J]. EuroIntervention, 2013, 9(2):243-250.
- [11] Badr S, Ben-Dor I, Dvir D, et al. The state of the excimer laser for coronary intervention in the drug-eluting stent era [J]. Cardiovasc Revasc Med, 2013, 14(2):93-98.
- [12] Tarsia G, De Michele M, Viceconte N, et al. Immediate and midterm follow-up results of excimer laser application in complex percutaneous coronary interventions: report from a single center experience[J]. Interv Med Appl Sci, 2013, 5(1):10-15.
- [13] Galassi AR, Boukhris M, Azzarelli S, et al. Percutaneous coronary interventions for chronic total occlusions: more benefit for the patient or for the interventionist's ego?[J]. Can J Cardiol, 2015, 31(8):974-979.
- [14] Karacsonyi J, Karpaliotis D, Alaswad K, et al. Prevalence, indications and management of balloon uncrossable chronic total occlusions: insights from a

- contemporary multicenter US registry [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2017, 90(1):12-20.
- [15] Sueta D, Hokimoto S, Miyazaki T, et al. Usefulness of excimer laser atherectomy for balloon uncrossable lesion in chronic total occlusion[J]. Int J Cardiol Heart Vasc, 2015, 9:70-72.
- [16] Ambrosini V, Sorropago G, Laurenzano E, et al. Early outcome of high energy Laser (Excimer) facilitated coronary angioplasty ON hARD and complex calcified and balloOn-resistant coronary lesions: LEONARDO Study [J]. Cardiovasc Revasc Med, 2015, 16(3):141-146.
- [17] Kang SJ, Mintz GS, Park DW, et al. Mechanisms of in-stent restenosis after drug-eluting stent implantation intravascular ultrasound analysis[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2011, 4(1):9-14.
- [18] Lam SC, Bertog S, Sievert H. Excimer laser in management of underexpansion of a newly deployed coronary stent[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2014, 83(1):E64-E68.
- [19] Ichimoto E, Kadohira T, Nakayama T, et al. Long-term clinical outcomes after treatment with excimer laser coronary atherectomy for in-stent restenosis of drug-eluting stent[J]. Int Heart J, 2018, 59(1):14-20.
- [20] Viceconte N, Biscione C, Tarsia G, et al. Laser "explosion" technique for treatment of unexpanded coronary stent[J]. Int J Cardiol, 2011, 149(3):395-397.
- [21] Latib A, Takagi K, Chizzola G, et al. Excimer laser LEsion modification to expand non-dilatable stents: the ELLEMENT registry[J]. Cardiovasc Revasc Med, 2014, 15(1):8-12.
- [22] Shishikura D, Otsuji S, Takiuchi S, et al. Vaporizing thrombus with excimer laser before coronary stenting improves myocardial reperfusion in acute coronary syndrome [J]. Circ J, 2013, 77(6):1445-1452.
- [23] Ambrosini V, Cioppa A, Salemme L, et al. Excimer laser in acute myocardial infarction: single centre experience on 66 patients[J]. Int J Cardiol, 2008, 127(1):98-102.
- [24] Mohandes M, Rojas S, Torres M, et al. Percutaneous coronary intervention of chronically occluded saphenous vein grafts using excimer laser atherectomy as an adjuvant therapy [J]. Cardiovasc Revasc Med, 2017, 18(6S1):2-6.

(收稿:2018-02-03 修回:2018-05-06)

(本文编辑:丁媛媛)

**To cure sometimes,  
to relieve often,  
to comfort always.**

—Edward Livingston Trudeau

有时，去治愈，  
常常，去帮助，  
总是，去安慰。

——爱德华·利文斯顿·特鲁多

