

• 综述 •

半导体激光治疗良性前列腺增生的研究进展

尚毫杰¹ 李备¹ 刘畅¹ 庄乾元¹ 陈园^{1,2△}

[摘要] 良性前列腺增生(BPH)是中、老年男性的常见疾病,也是引起下尿路症状的常见原因。目前主要治疗方法是观察等待、药物治疗、外科手术治疗,其中手术干预能快速缓解下尿路症状,提高生活质量而成为治疗中、重度 BPH 最有效的手段。近年来,随着各种激光技术的飞速发展及临床应用,被认为是“金标准”的经尿道前列腺电切术因较多的手术并发症及治疗大体积前列腺的局限性而饱受争议;各种激光技术也因其明显的治疗效果、安全性及并发症较少的优势,逐渐获得临床医生的青睐。本文主要介绍半导体激光微创技术治疗 BPH 的临床研究进展,期望在一定程度上为医生的临床治疗提供相关的理论依据。

[关键词] 半导体激光;良性前列腺增生

DOI:10.13201/j.issn.1001-1420.2021.03.015

[中图分类号] R697 **[文献标志码]** A

New advances in the management of benign prostatic hyperplasia with diode lasers

SHANG Haojie LI Bei LIU Chang ZHUANG Qianyuan CHEN Yuan

(¹ Department of Urology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430000, China;² Department of Geriatrics, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology)

Corresponding author: CHEN Yuan, E-mail: chenyan55@126.com

Abstract Benign prostatic hyperplasia (BPH) is a common disease that is a major factor of low urinary tract symptoms in old men. The managements of BPH include watchful waiting, medical treatment and surgical intervention. However, surgical treatment which can rapidly relieve low urinary tract symptoms and improve the quality of life is the most effective method to cure moderate-to-severe BPH. With the rapid development and clinical application of all kinds of lasers in recent years, transurethral resection of the prostate considered as a gold standard treatment of BPH poses serious concerns because of more surgical morbidity and limitations in large volume prostates. Lasers with excellent advantages regarding surgical effects, safety, and less morbidity are widely acknowledged by clinical doctors. The aim of the review is to perform the advance in the management of BPH with diode lasers and provide fundamental theory for doctors to solve clinical problems to some extent.

Key words diode laser; benign prostatic hyperplasia

良性前列腺增生(benign prostatic hyperplasia, BPH)是中、老年男性出现下路梗阻症状的常见原因,发病率也随着人口老龄化、医疗技术进步、健康意识提高而增加^[1-2];50岁以上男性中的 BPH 发病率约为 25%,60 岁以上则上升至 67%,而伴随的下尿路梗阻症状严重影响了患者的生活质量^[3-4]。经尿道前列腺电切术(transurethral resection of the prostate, TURP)作为目前治疗 BPH 的“金标准”,虽然在手术的安全性、治疗效果及耐受性上得到广泛的认可,但是其手术相关的输血、尿路感染、勃起功能障碍、膀胱颈口狭窄、尿道狭窄以

及电切综合征所引起严重的心血管疾病等并发症达到 20%,因而在临床治疗中存在很大争议^[5-6],这促使临床医生寻找新的技术治疗 BPH。在过去的 20 多年里,各种激光微创技术飞速发展且广泛应用于临床,相关研究亦发现其在治疗 BPH 的临床疗效及安全性等方面具有明显优势,临床上应用的主要激光有钬激光、绿激光、铥激光和半导体激光^[7-12]。大量的临床研究表明,激光微创技术治疗 BPH 与传统手术相比具有明显优势:首先,激光技术具有更高的准确性及精确性;其次,手术过程损伤组织更少和止血效果更明确,并能有效减轻术后出血、疼痛和创口肿胀等相关并发症的发生;另外激光微创技术有更广的选择性,特别是针对于长期服用抗血小板或抗凝治疗的高危患者也具有明显的治疗效果和更高的安全性;最后,激光微创技术能有效缩短手术操作时间、留置尿管时间及住

¹ 华中科技大学同济医学院附属同济医院泌尿外科(武汉, 430000)

² 华中科技大学同济医学院附属同济医院综合医疗科

△ 审校者

通信作者:陈园, E-mail: chenyan55@126.com

院时间。但是,就目前而言,激光技术治疗费用还比较昂贵,相应地增加了患者的经济负担,因而在临床上的广泛应用也在一定程度上受到限制^[11-15]。

1976年,Staethler等^[16]首次报道了激光技术在泌尿外科的应用。1992年首次报道了钕激光治疗BPH的结果,虽然具有明显的止血效果,但因手术中切割效果有限,留置导尿时间延长,并发症较多、二次手术风险较高而废止^[12]。2007年,首个半导体激光由于其显著的组织汽化能力及明显的凝固止血作用获得美国食品及药品管理局的许可而开始应用于临床^[17],并在临床上取得明显的治疗效果。半导体激光又名二极管激光,通过半导体产生波长不同的激光,因而具有不同的特性;临床上主要应用的有940 nm、980 nm、1318 nm和1470 nm波长的半导体激光^[7,11,14,17-20],其主要的工作原理是半导体激光所释放的能量能被水和含水组织迅速吸收,能迅速汽化表面组织;良好的组织穿透能力使是深部组织发生凝固性坏死,会形成一定厚度的凝固层,因而半导体激光能实现对前列腺组织的汽化、切割和凝固止血,为术中提供清晰的手术视野;同时半导体激光可以对前列腺尖部及射精管区域实现精准止血,因此术中可减少对周围组织的干扰及损伤,降低术后并发症。临床研究发现,半导体激光因其良好的止血、汽化和切割能力不仅减少了术后相关并发症,而且也使得手术适应证的范围也有所扩大,为高龄、合并症较多、心功能不全、口服抗凝药物的患者提供了更好的治疗方案。

1 940 nm 半导体激光

940nm 半导体激光具有良好的组织消融、凝固和止血功能,但是相关的临床研究数据有限。Seitz等^[6]开展了940 nm 半导体激光在体内和体外模型的相关实验,发现在体外猪肾模型中其组织消融深度和组织凝固能力随着输出功率增加而增加(10~60 W),其组织的止血性能优于钕激光,组织消融能力优于钕激光和钕激光;在犬前列腺模型中,发现940 nm 半导体激光的组织凝固范围较体外猪肾模型大,可能因选择的组织模型不同而产生的差异;当其功率为200 W时凝固深度超过4 mm,表现出良好的止血功能,但是,其对周围组织损伤的范围也有所扩大。上述研究结果为940 nm 半导体激光可以有效地治疗伴有下尿路梗阻症状的BPH的临床应用提供了理论基础。

Tanaka等^[21]的研究中共有126例BPH患者接受了940 nm 半导体激光的光选择性前列腺汽化术治疗,其中有31.7%的患者术前口服抗血小板和抗凝药物,但这些手术均取得成功,也未曾发生电切综合征和输血事件;在术后1年和2年的随访过程中,国际前列腺症状评分(IPSS)、生活质量(QOL)评分、残余尿量(PVR)和前列腺特异性抗

原(PSA)水平均有明显的改善,并且术后早期不良事件及长期并发症发生率也比较低,体现了良好的治疗效果。但因术中汽化组织而未能获得前列腺组织行病理检查,存在漏诊前列腺癌的风险。

目前,虽然940 nm 半导体激光的临床治疗BPH的研究相对较少,临床数据有限,但是其良好的组织汽化和止血能力能有效提高治疗效果、改善下尿路梗阻症状、减少手术并发症。因此,940 nm 半导体激光能安全且有效的治疗BPH,但是就目前而言,仍需要更多的临床研究以证实其疗效及安全性。

2 980 nm 半导体激光

高功率980 nm 半导体激光是目前临床应用最广泛的半导体激光,能被前列腺组织中的水和血红蛋白高程度吸收而发挥汽化作用,减轻前列腺的两侧叶和中叶部对尿道的压迫,从而解除下尿路梗阻症状;其快速汽化组织的能力比532 nm 的绿激光更强,组织穿透能力可形成大面积组织凝固性坏死层,发挥有效的止血作用^[17],因而能为手术提供清晰的视野,能有效降低出血及输血风险,尤其适合因高龄、或合并心、脑血管疾病而需要口服抗凝药物的患者治疗。但该波长也可能因手术损伤范围较大而增加发现尿失禁、尿道狭窄以及排尿困难等并发症的风险^[22-24]。Razzaghi等^[19]的随机对照研究发现,980 nm 半导体激光前列腺汽化术的治疗效果比TURP稍差,但Cetinkaya等^[25]的随机对照研究发现,两组的治疗效果及并发症相似,但980 nm 半导体激光组在住院时间、留置尿管时间较TURP组更短。一项随机对照研究报道了980 nm 半导体激光在不同温度条件下的100例前列腺汽化术的治疗效果,两组术后3个月和12个月的治疗效果无明显差异,但低温度(4℃)治疗组不仅在术后1个月的IPSS、QOL评分、PVR的比室温组较低,而且也能明显降低术后疼痛、排尿困难及尿潴留等并发症的发生率^[26]。近年来,经尿道前列腺低功率的980 nm 半导体激光剜除术的研究也逐渐在临床开展,Zou等^[18]在一项双中心对照研究中发现,980 nm 半导体激光前列腺剜除术与经尿道双极等离子前列腺电切术在解除下尿路梗阻症状均有良好治疗效果,其并发症的发生率也无明显差异。

980 nm 半导体激光良好的消融能力和止血功能,能快速汽化或剜除前列腺组织,有效解除下尿路梗阻症状,并能有效降低手术并发症、减轻患者的痛苦、提高患者的生活质量。980 nm 半导体激光在低温灌注的手术条件下取得更好疗效的研究,也为临床医生在治疗BPH过程中提供了新的治疗思路。

3 1318 nm 半导体激光

近年来,1318 nm 半导体激光不仅在治疗肺转移瘤的临床研究取得明显效果,而且因其良好的特性也逐渐受到泌尿外科医生的认可,并在一定程度上治疗泌尿外科的相关疾病^[27]。一项体外猪肾模型的实验中发现,980 nm、1318 nm 和 1470 nm 半导体激光的止血能力均比绿激光强,但是 1318 nm 半导体激光具有最好的消融能力和最深的穿透能力^[28];2011 年 Lusuardi 等^[29]报道了利用 1318 nm 半导体激光剜除前列腺与 TURP 比较的相关研究,纳入的 60 例 BPH 患者分别分为 TURP 组和半导体激光组,每组 30 例;两组切除前列腺组织体积、术后 IPSS、QOL 评分和最大尿流率(Q_{\max})比较差异均无统计学意义,但是半导体激光组与 TURP 组相比,具有出血量更少、留置导尿时间和住院时间更短的优势。2013 年, Hruby 等^[27]发现 1318 nm 半导体激光能显著改善 IPSS、QOL 评分、 Q_{\max} 和 PVR,其相关的手术并发症较少且无输血事件发生,而术中出血量较少、留置导尿及住院时间更短的结果则与 Lusuardi 等^[29]的研究结果相似。

1318 nm 半导体激光治疗 BPH 的临床治疗效果的数据有限,但其良好的止血能力,以及较其他半导体激光性更强的组织消融能力和凝固止血作用,能显著提高手术医师切除前列腺组织的速度,从而缩短手术时间,减少手术出血及输血风险。然而,1318 nm 半导体激光因较强的组织穿透力在术中可造成大面积组织坏死而损伤周围组织,出现较多的并发症。因此,1318 nm 半导体激光治疗 BPH 安全且有效,但也应预防手术相关的并发症。

4 1470 nm 半导体激光

1470 nm 半导体激光虽然组织消融能力稍逊于 1318 nm 半导体激光,但也随着激光功率增加其汽化速度也逐渐增加(50 W 以上),能明显提高手术效率。其止血能力较其他半导体激光更强,能有效降低出血风险和输血事件的发生,从而提高手术的安全性^[28]。2008 年,Seitz 等^[30]首次报告了使用 50 W 1470 nm 半导体激光行前列腺汽化术,虽然纳入病例数量较少且医师经验不足,但也均获得满意的治疗效果,术后未出现排尿困难、血尿和尿失禁等并发症。Zhao 等^[31]研究 1470 nm 半导体激光(90~120 W)发现汽化术能明显降低 IPSS 和提高 Q_{\max} 的满意效果,并且无一例并发症出现;高功率 1470 nm 半导体激光较低功率更能提高汽化速度,缩短手术时间,尤其适合合并症较多或心功能较差的患者治疗,减少并发症的发生。章俊等^[32]报道了 1470 nm 半导体激光治疗复杂性 BPH 患者在术后 1、3 个月的 IPSS、QOL 评分和 PVR 均显著低于术前,术后 Q_{\max} 均高于术前,且差异有统计学意义;术后 5 例出现暂时性尿失禁,经盆底肌肉

功能康复治疗,控制排尿的功能恢复正常;术中无明显出血、直肠和膀胱穿孔、输血、电切综合征、永久性尿失禁、尿道狭窄等并发症,体现了 1470 nm 半导体激光良好的组织汽化切割和止血效果,具有创伤小、并发症少、安全性高等优点。Zhang 等^[33]比较经尿道 1470 nm 半导体激光剜除术与经尿道双极等离子电切术的治疗效果的研究发现,两组在术后的 IPSS、QOL 评分、 Q_{\max} 、PVR 相似,但激光组的出血风险更低,手术时间、膀胱冲洗时间、留置导尿时间和住院时间更短,展现了 1470 nm 半导体激光的明显优势。

一项前瞻性随机对照研究发现 1470 nm 半导体激光组在手术时间、术后膀胱冲洗时间、留置尿管时间、血红蛋白下降值和血钠下降值均显著低于经尿道等离子剜除术组($P < 0.01$);1470 nm 半导体激光组与经尿道前列腺等离子剜除术相比,术前及术后 1、3 个月的 IPSS、QOL 评分、 Q_{\max} 和 PVR 差异均无统计学意义,而且均未出现膀胱穿孔、大出血、电切综合征等并发症,但是 1470 nm 半导体激光组无尿失禁及尿道狭窄等并发症,出现 1 例血尿,保守治疗后好转;经尿道前列腺等离子剜除术组出现 2 例尿失禁,其研究结果更证实了其良好的临床治疗效果及安全性^[2]。

1470 nm 半导体激光强大的止血功能和良好的组织消融能力,使其在降低出血风险、缩短手术时间、膀胱冲洗时间、留置尿管时间及住院时间的优越性在汽化术和剜除术中充分展现,尤其适合 BPH 伴有心脑血管疾病,需要药口服抗凝或抗血小板药物治疗的患者,但是手术费用较高,也在一定程度上限制其广泛使用。

5 总结及展望

不同波长的半导体激光虽然具有相似的治疗原理,但其特性也因波长和功率的不同而存在差异。良好的组织消融和较强的凝固止血能力保障了手术的有效性及安全性,更为需要口服抗凝或抗血小板药物治疗的 BPH 患者提供了更好的治疗方案。虽然有研究发现半导体激光与双极等离子治疗 BPH 均能明显改善术后 IPSS、QOL 评分、 Q_{\max} 、PVR,降低术中、术后并发症,但是半导体激光在治疗 BPH 的术中出血量更少,术后膀胱冲洗时间、留置尿管时间和住院时间更短^[11]。随着半导体激光在临床的广泛应用,其手术的治疗效果、安全性、精确性及减少并发症等方面的优势也会逐渐获得泌尿外科医师的认可,使其有望成为治疗 BPH 的最佳选择。我们也期待未来的半导体激光会根据不同的手术时机实现不同波长之间的转换,充分发挥不同波长半导体激光的优势,以便于取得更好的治疗效果。

参考文献

- [1] Mithani MH, Khalid SE, Khan SA, et al. Outcome of 980 nm diode laser vaporization for benign prostatic hyperplasia: A prospective study [J]. *Investig Clin Urol*, 2018, 59(6): 392-398.
- [2] 江东根, 庞俊, 肖楚天, 等. 经尿道 1470 nm 激光与等离子前列腺剜除术治疗良性前列腺增生症的前瞻性随机对照研究[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2017, 32(12): 908-911.
- [3] de Lucia C, Femminella GD, Rengo G, et al. Risk of acute myocardial infarction after transurethral resection of prostate in elderly [J]. *BMC Surg*, 2013, 13 Suppl 2: S35.
- [4] Gratzke C, Bachmann A, Descalzeaud A, et al. EAU Guidelines on the Assessment of Non-neurogenic Male Lower Urinary Tract Symptoms including Benign Prostatic Obstruction [J]. *Eur Urol*, 2015, 67(6): 1099-1109.
- [5] Mandeville J, Gnessin E, Lingeman JE. New advances in benign prostatic hyperplasia: laser therapy [J]. *Curr Urol Rep*, 2011, 12(1): 56-61.
- [6] Seitz M, Bayer T, Ruszat R, et al. Preliminary evaluation of a novel side-fire diode laser emitting light at 940 nm, for the potential treatment of benign prostatic hyperplasia: ex-vivo and in-vivo investigations [J]. *BJU Int*, 2009, 103(6): 770-775.
- [7] Skinner T, Leslie RJ, Steele SS, et al. Randomized, controlled trial of laser vs. bipolar plasma vaporization treatment of benign prostatic hyperplasia [J]. *Can Urol Assoc J*, 2017, 11(6): 194-198.
- [8] Rapisarda S, Russo GI, Osman NI, et al. The use of laser as a therapeutic modality as compared to TURP for the small prostate ≤ 40 mL: a collaborative review [J]. *Minerva Urol Nefrol*, 2019, 71(6): 569-575.
- [9] Zhang X, Shen P, He Q, et al. Different lasers in the treatment of benign prostatic hyperplasia: a network meta-analysis [J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 23503.
- [10] 杨国胜, 陈波特, 李环辉. 国内良性前列腺增生激光治疗的应用、创新与优化 [J]. *临床泌尿外科杂志*, 2017, 32(4): 245-249.
- [11] Xiao KW, Zhou L, He Q, et al. Transurethral endoscopic enucleation of the prostate using a diode laser versus bipolar plasmakinetic for benign prostatic obstruction: a meta-analysis [J]. *Lasers Med Sci*, 2020, 35(5): 1159-1169.
- [12] Gu C, Zhou N, Gurung P, et al. Lasers versus bipolar technology in the transurethral treatment of benign prostatic enlargement: a systematic review and meta-analysis of comparative studies [J]. *World J Urol*, 2020, 38(4): 907-918.
- [13] Dołowy A, Krajewski W, Dembowski J, et al. The role of lasers in modern urology [J]. *Cent European J Urol*, 2015, 68(2): 175-182.
- [14] Tan X, Zhang X, Li D, et al. Transurethral vaporesec-tion of prostate: diode laser or thulium laser? [J]. *Lasers Med Sci*, 2018, 33(4): 891-897.
- [15] 刘多, 范利, 刘成, 等. 经尿道半导体激光前列腺剜除术与前列腺电切术治疗不同体积良性前列腺增生的临床对比分析 [J]. *中华男科学杂志*, 2017, 23(3): 217-222.
- [16] Staehler G, Hofstetter A, Gorisch W, et al. Endoscopy in experimental urology using an argon-laser beam [J]. *Endoscopy*, 1976, 8(1): 1-4.
- [17] Wendt-Nordahl G, Huckele S, Honeck P, et al. 980-nm Diode laser: a novel laser technology for vaporization of the prostate [J]. *Eur Urol*, 2007, 52(6): 1723-1728.
- [18] Zou Z, Xu A, Zheng S, et al. Dual-centre randomized-controlled trial comparing transurethral endoscopic enucleation of the prostate using diode laser vs. bipolar plasmakinetic for the treatment of LUTS secondary of benign prostate obstruction: 1-year follow-up results [J]. *World J Urol*, 2018, 36(7): 1117-1126.
- [19] Razzaghi MR, Mazloomfard MM, Mokhtarpour H, et al. Diode laser (980 nm) vaporization in comparison with transurethral resection of the prostate for benign prostatic hyperplasia: randomized clinical trial with 2-year follow-up [J]. *Urology*, 2014, 84(3): 526-532.
- [20] Yang SS, Hsieh CH, Lee YS, et al. Diode laser (980 nm) enucleation of the prostate: a promising alternative to transurethral resection of the prostate [J]. *Lasers Med Sci*, 2013, 28(2): 353-360.
- [21] Tanaka EY, Barbosa FT, Murta CB, et al. Diode Laser Vaporization for Benign Prostate Hyperplasia: Outcome After 126 Procedures [J]. *J Endourol*, 2019, 33(12): 1025-1031.
- [22] Leonardi R. Preliminary results on selective light vaporization with the side-firing 980 nm diode laser in benign prostatic hyperplasia: an ejaculation sparing technique [J]. *Prostate Cancer Prostatic Dis*, 2009, 12(3): 277-280.
- [23] Kim Y, Seong YK, Kim IG, et al. Twelve-Month Follow-up Results of Photoselective Vaporization of the Prostate With a 980-nm Diode Laser for Treatment of Benign Hyperplasia [J]. *Korean J Urol*, 2013, 54(10): 677-681.
- [24] Huang L, Fan Y, Xiong N, et al. Evaluation of photoselective vaporization of the prostate with 980-nm diode laser in the treatment of benign prostatic hyperplasia: 36-month follow up [J]. *Int J Urol*, 2019, 26(9): 940-941.
- [25] Cetinkaya M, Onem K, Rifaioğlu MM, et al. 980-Nm Diode Laser Vaporization versus Transurethral Resection of the Prostate for Benign Prostatic Hyperplasia: Randomized Controlled Study [J]. *Urol J*, 2015, 12(5): 2355-2361.

- Association of Urology Non-Muscle-Invasive Bladder Cancer Progression Risk Groups[J]. *Clin Cancer Res*, 2018,24(7):1586-1593.
- [13] Damrauer JS, Hoadley KA, Chism DD, et al. Intrinsic subtypes of high-grade bladder cancer reflect the hallmarks of breast cancer biology[J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2014,111(8):3110-3115.
- [14] Choi W, Porten S, Kim S, et al. Identification of distinct basal and luminal subtypes of muscle-invasive bladder cancer with different sensitivities to frontline chemotherapy[J]. *Cancer Cell*, 2014,25(2):152-165.
- [15] 曹煜东, 杜鹏. 肌层浸润性膀胱癌分子分型的研究进展[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2019,40(6):477-480.
- [16] Zhu S, Yu W, Yang X, et al. Traditional Classification and Novel Subtyping Systems for Bladder Cancer[J]. *Front Oncol*, 2020,10:102.
- [17] Li H, Zhang Q, Shuman L, et al. Evaluation of PD-L1 and other immune markers in bladder urothelial carcinoma stratified by histologic variants and molecular subtypes[J]. *Sci Rep*, 2020,10(1):1439.
- [18] Inamura K. Bladder Cancer: New Insights into Its Molecular Pathology [J]. *Cancers (Basel)*, 2018, 10(4):100.
- [19] Sjödhahl G, Lauss M, Lövgren K, et al. A molecular taxonomy for urothelial carcinoma [J]. *Clin Cancer Res*, 2012,18(12):3377-3386.
- [20] Tan TZ, Rouanne M, Tan KT, et al. Molecular Subtypes of Urothelial Bladder Cancer: Results from a Meta-cohort Analysis of 2411 Tumors[J]. *Eur Urol*, 2019,75(3):423-432.
- [21] Seiler R, Ashab H, Erho N, et al. Impact of Molecular Subtypes in Muscle-invasive Bladder Cancer on Predicting Response and Survival after Neoadjuvant Chemotherapy[J]. *Eur Urol*, 2017,72(4):544-554.
- [22] Seiler R, Gibb EA, Wang NQ, et al. Divergent Biological Response to Neoadjuvant Chemotherapy in Muscle-invasive Bladder Cancer [J]. *Clin Cancer Res*, 2019,25(16):5082-5093.
- [23] Kamoun A, de Reyniès A, Allory Y, et al. A Consensus Molecular Classification of Muscle-invasive Bladder Cancer[J]. *Eur Urol*, 2020,77(4):420-433.
- (收稿日期:2020-05-01)

(上接第 235 页)

- [26] Pillai RG, Al Naieb Z, Angamuthu S, et al. Diode laser vaporisation of the prostate vs. diode laser under cold irrigation: A randomised control trial [J]. *Arab J Urol*, 2014,12(4):245-250.
- [27] Hruby S, Sieberer M, Schätz T, et al. Eraser laser enucleation of the prostate: technique and results[J]. *Eur Urol*, 2013,63(2):341-346.
- [28] Wezel F, Wendt-Nordahl G, Huck N, et al. New alternatives for laser vaporization of the prostate: experimental evaluation of a 980-, 1,318- and 1,470-nm diode laser device [J]. *World J Urol*, 2010, 28(2):181-186.
- [29] Lusuardi L, Myatt A, Sieberer M, et al. Safety and efficacy of Eraser laser enucleation of the prostate: preliminary report[J]. *J Urol*, 2011,186(5):1967-1971.
- [30] Seitz M, Reich O, Karl A, et al. Diode laser treatment of human prostates-Clinical 6-month experience[J]. *Medical Laser Application*, 2008,22(4):232-237.
- [31] Zhao Y, Liu C, Zhou G, et al. A retrospective evaluation of benign prostatic hyperplasia treatment by transurethral vaporization using a 1470 nm laser[J]. *Photomed Laser Surg*, 2013,31(12):626-629.
- [32] 章俊, 王曦龙, 史朝亮, 等. 1470 nm 半导体激光前列腺汽化剝除术治疗复杂性良性前列腺增生(附 80 例报告)[J]. *现代泌尿外科杂志*, 2017, 22(3):173-175,180.
- [33] Zhang J, Wang X, Zhang Y, et al. 1470 nm Diode Laser Enucleation vs Plasmakinetic Resection of the Prostate for Benign Prostatic Hyperplasia: A Randomized Study[J]. *J Endourol*, 2019,33(3):211-217.
- (收稿日期:2020-04-25)