

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2015.17.049

## 改良 Mainz II 术式在膀胱全切后尿流改道中的应用

赵永录 段建敏<sup>△</sup> 杨宁强 李 烨 石 玮

(兰州大学第二医院泌尿外科 甘肃 兰州 730030)

**摘要:**膀胱肿瘤等需要行膀胱全切的疾病日趋增多,膀胱全切后可控性尿流改道的应用日益广泛,尿流改道的手术方式多种多样。到目前为止,膀胱全切术后的尿流改道尚无标准的术式,理想的替代膀胱应接近正常的生理功能,维持一定的排尿时间间隔,尿控良好,并发症少。乙状结肠直肠膀胱术(改良 Mainz pouch II),将双侧输尿管再植于去管状化的乙状结肠直肠储尿囊,术后利用肛门括约肌控制排尿。该手术时间短,出血少,操作方便,对肠管扰动小,术后尿控、排空满意,肾盂肾炎、代谢性酸中毒等并发症少。所有患者在2~3个月以后能将大小便分开,患者不需要佩戴集尿袋或间断性导尿,生活可以自理,生活质量明显得到改善;因此,是一种比较好的可控性尿流改道方法。本文就近年来的研究进行分析总结,希望经过进一步的改良,改良 Mainz II 术式成为尿流改道中非常重要的方式之一,在特定的情况下会替代其他类型的尿流改道。

**关键词:**膀胱全切;尿流改道;改良 Mainz II 膀胱术

**中图分类号:**R694;R737.14 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2015)17-3382-04

## The Clinical Application of Modified Mainz Pouch II Surgical Urinary Diversion after Cystectomy

ZHAO Yong-lu, DUAN Jian-min<sup>△</sup>, YANG Ning-qiang, LI Ye, SHI Wei

(Department of Urology, The second hospital of Lanzhou university, Lanzhou, Gansu, 730030, China)

**ABSTRACT:** The bladder cancer and other need cystectomy are growing. Continent Urinary Diversion is widely used after radical cystectomy, urinary diversion operation method is varied. So far, there is no standard procedure of urinary diversion. The ideal alternative bladder should be close to the normal physiological function, to maintain a certain time interval urination, better urinary control and less complications. Detubularized Sigmoid Colon rectum bladder (modified Mainz pouch II), making the bilateral ureteral reimplantation in the detubularized sigmoid rectum pouch, control urination by anal sphincter. This operation is shorter of operative time, less bleeding, easy to operate, for small bowel disturbances, postoperative urinary control, emptying satisfaction, lower rate of retrograde infection and metabolic acidosis. All patients were able to distinguish between stool and urine about two months after operation, do not need to wear urine collection bags or intermittent catheterization, can take care of themselves, the quality of life improved significantly. Therefore, it is a kind of good controllability urinary diversion method. This review will analyze and summarize the results of recent studies, hoping that after further improvement, modified Mainz pouch II will become one of important controllability urinary diversion methods, and can replace other types of urinary diversion under certain circumstances.

**Key words:** Cystectomy; Continent Urinary Diversion; Modified Mainz pouch II

**Chinese Library Classification(CLC):** R694; R737.14 **Document code:** A

**Article ID:** 1673-6273(2015)17-3382-04

### 前言

膀胱癌是泌尿外科最常见的肿瘤,2008年全球新发386,300膀胱癌病例,约有150,200人死亡,其发病率在世界范围居恶性肿瘤的第11位,在男性排名第7位,女性排在第10位之后<sup>[1]</sup>。2009年我国城市居民膀胱癌年龄标准化死亡率男性为3.79/10万,女性为1.30/10万;农村男性为2.42/10万,女性为0.81/10万<sup>[2]</sup>。根治性膀胱切除已经成为治疗肌层浸润性膀胱癌等许多膀胱疾病的主要措施,目前膀胱全切术后的尿流改道

尚无标准的术式,但一致认为理想的替代膀胱应接近正常的生理功能,不仅能有效地贮尿和自主控尿、排尿,而且还要避免或减少术后逆行感染、尿液反流、电解质紊乱等并发症。现就从尿流改道的分类、改良 Mainz II 的发展史、手术过程、术后效果、以及改良 Mainz II 贮尿囊的特点五个方面,对膀胱全切后利用肛门括约肌控制排尿的手术方式(改良 Mainz II 膀胱术)作一简述。

### 1 根治性膀胱切除的适应症及尿流改道分类

#### 1.1 适应症

① 膀胱肿瘤:T2-T4a,N0-X,M0 浸润性膀胱癌,高危非肌层浸润性膀胱癌 T1G3 肿瘤,BCG 治疗无效的 Tis,复发的非肌层浸润性膀胱癌,以及保守治疗不能控制的广泛乳头状病变、非手术治疗无效、保留膀胱治疗后肿瘤复发和膀胱非尿路上皮

作者简介:赵永录(1980-),男,硕士研究生,主要研究方向:膀胱肿瘤,E-mail:zhaoyl5858@163.com

△通讯作者:段建敏,教授,硕士研究生导师,电话:0931-8942469,E-mail:djmurol@163.com

(收稿日期:2014-10-08 接受日期:2014-10-31)

癌<sup>[3]</sup>;② 膀胱外翻等先天性畸形引起的下尿路梗阻或功能性疾患;③ 结核或间质性膀胱炎、腺性膀胱炎导致膀胱挛缩,神经源性膀胱功能障碍伴有膀胱输尿管返流,以及手术无法修复的复杂膀胱阴道瘘均需全膀胱切除<sup>[45]</sup>。

## 1.2 尿流改道的分类

尿流改道从广义上包括肾、输尿管、膀胱及尿道的造口或造瘘,还包括各种类型的尿流复道,其中较重要的是膀胱切除或弃置后的尿流改道,目前有多种方法可以选择,手术方式的选择要根据患者的具体情况、患者的要求、术者经验选择,目前可选择的方式如下表<sup>[6]</sup>:

| 尿流改道的分类<br>Types of Urinary Diversion | 代表术式<br>Representative operation                                                                                                    |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 不可控尿流改道<br>Noncontinent Diversion     | 输尿管皮肤造口(Cutaneous Ureterostomy),回肠膀胱术(Bricker Operation),乙状结肠膀胱术(Sigmoid Bladder)                                                   |
| 可控尿流改道<br>Continent Diversion         | 可控储尿囊(Continent Reservoir),改良乙状结肠直肠膀胱术(Modified Mainz Pouch II),回结肠贮尿囊(Indiana Pouch)                                               |
| 膀胱重建<br>Bladder Reconstruction        | 回肠原位新膀胱术(Ileal Neobladder),去带盲结肠代膀胱术(Detina Ceacal-rescending Colon Neobladder),膀胱再生(Bladder Regeneration)与人工膀胱(Artificial bladder) |

## 2 改良 Mainz II 膀胱术

### 2.1 改良 Mainz II 的发展史

利用肛门括约肌控制尿液,最早由 Simon<sup>[7]</sup>报道:将输尿管与乙状结肠直接吻合,此手术简单易行,但是由于容易发生逆行感染、高氯性酸中毒等严重并发症,逐渐被弃用;然而这种术式通过改良以后可减少并发症发生,并且手术简单易行,仍然被一些泌尿外科医生改良后应用于临床<sup>[89]</sup>。1990~1993 年 Fisch 等<sup>[10]</sup>为 73 例患者行 Sigma rectum 膀胱术,即:将输尿管再植于去管状化的乙状结肠储尿囊,称为 Mainz II 式膀胱术。国内最早由李贤初等于 1995 年报告 Sigma 直肠膀胱术 8 例<sup>[11]</sup>,程双管等<sup>[12]</sup>于 2001 年报告改良 Mainz II 术 14 例,将输尿管再植于非管状化的乙状结肠直肠储尿囊,输尿管末端做抗反流处理。1988 年至 2011 年 Zhvania G 等<sup>[13]</sup>为 134 例膀胱癌患者行 Mainz II 尿流改道术并做随访研究,他们认为改良 Mainz II 在特定的情况下可以替代其他类型的尿流改道。2011 年王家吉、杨立、岳中瑾<sup>[14]</sup>等认为腹腔镜下膀胱全切—改良 Mainz II 式膀胱术技术简便可行,出血少,并发症少,效果好,值得推广。

### 2.2 改良 Mainz II 的手术过程

患者行膀胱全切,根据具体情况男性患者行前列腺及精囊切除,女性患者行子宫切除,游离出双侧输尿管,近膀胱处将其断开。以乙状结肠和直肠交界处为中心,沿结肠带向远近侧端各取 10~15 cm 标记要切开之乙状结肠及直肠最高点,对系膜缘纵行剖开所选肠管,将切开的肠管以直乙状结肠交接处为中点倒 N 字形折叠,用 4-0 可吸收线全层缝合两相邻的肠壁后缘作侧侧吻合形成贮尿囊后壁。自囊后壁中线两侧,将左右输尿管以隧道法引入贮尿囊约 2.0 cm,于引入孔处用 5-0 可吸收线将双侧输尿管固定于膀胱肌层组织,纵行劈开输尿管末端约 1.0 cm,反折呈乳头状后与贮尿囊后壁行粘膜对粘膜缝合。双侧输尿管内各置入一根单 J 管经直肠从肛门引出并固定于肛周,贮尿囊内经肛门留置 24F 三腔 Foley 引流。为避免肠袋过度活动导致输尿管扭曲梗阻,可将代膀胱后壁顶端用丝线固定于骶骨岬行韧带上。用 4-0 可吸收线全层缝合前壁建成 Mainz 贮尿囊。手术可以选择完全开放性手术及腹腔镜下手术

两种方式,其中腹腔镜下膀胱全切—下尿路重建术又有腹腔镜手术和腹腔镜下联合小切口手术方式两种。腹腔镜下放大了手术视野有助于精细操作,较少了术中出血,达到了开放手术同等程度的盆腔淋巴结清扫。

### 2.3 术后效果及并发症

Zhvania G 等回顾性研究了 134 例膀胱根治性全切后行 Mainz II 膀胱术的病例,所有的患者白天尿控率 100%,有 2 个患者夜间需要尿垫;40 例(29.9%)发生早期并发症,5 例(3.7%)晚期并发症;30 例(22.4%)患者发生代谢性酸中毒,其中 9 例(6.7%)较严重进行了住院治疗,认为口服碱性药物治疗是必要的;8 例(5.9%)发生急性肾盂肾炎;15 例(11.2%)发生肾积水,其中 8 例为单侧,7 例为双侧。张前、吴宏飞<sup>[15]</sup>等于 2007 年报道 Sigma 直肠膀胱术 109 例,随访 5-41 个月,实验室检查 BUN、Cr 均正常,未发生明显酸碱平衡紊乱,尿控良好;发生肾积水 2 例,一例行肾穿刺造瘘,1 例行输尿管扩展后好转;1 例因输尿管反流发生肾盂肾炎。Mark A, Andy M, Norman 等<sup>[16]</sup>为无法手术修复的 35 例复杂膀胱阴道瘘患者行改良 Mainz II 式尿流改道术,术后 2 位有生育要求的年轻患者有正常的性生活能力,并且顺利怀孕并分娩;观察其中 29 例患者 18 个月,所有患者白天尿控率 100%,夜间有 31%患者发生过尿失禁,随着时间推移夜尿尿失禁症状逐渐改善,23 例患者有酸中毒的证据,但患者肌酐水平平均几乎正常。Matthew K. Tollefson<sup>[17]</sup>等对该机构 51 例行输尿管乙状结肠吻合、利用肛门括约肌控制排尿的患者进行了长达 10 年以上的随访研究,发现 6 例患者(12%)至少有一个早期的并发症,其中包括伤口裂开和一个肺栓塞;22 例(43%)至少有一个晚期并发症,吻合口狭窄是最常见的(22%);其次是经常性肾盂肾炎 8 例(16%),结石 5 例(10%),3 例慢性肾功能不全(6%)和 2 例(4%)严重的顽固性酸中毒;51 例患者中有 48 例(94%)完全可控。Jovan 等<sup>[18]</sup>多中心临床回顾性分析 220 例 Mainz II 患者,早期并发症占 24%,52%病例早期需碱性药物,逆行感染积水 19 例、早期肾衰 5 例。汪泽厚<sup>[19]</sup>报道 22 例直肠乙状结肠膀胱术,术后随访 2 个月-7 年,未发现逆行感染,肾积水、高氯性酸中毒病例。Gumus<sup>[20]</sup>认为:将去管化的肠管由 Fisch 及 Hohefellner 建议的 10-15 cm 延长至 25 cm 左右,

这样的贮尿囊平均能贮尿约 500 mL,这样就减少了尿液反流至近端结肠,经过尿液长期刺激贮尿囊壁粘膜逐渐出现萎缩,从而减少了尿液中酸性物质及  $\text{Cl}^-$  的吸收,因此在术前肾功能正常的前提下,改良 Mainz II 式尿流改道术不会出现代谢性酸中毒及电解质紊乱的并发症。

#### 2.4 改良 Mainz II 贮尿囊特点

**2.4.1 低压、抗反流** 首先,乙状结肠及直肠的运动主要由环形肌的收缩而引起,将肠管去管化折叠以后再重新缝合,使得环状肌肉的收缩力量相互抵消,使囊内压力保持稳定低压;其次,结肠的运动形式主要有袋状往返运动、分节推进运动,都为单向蠕动,利用肛门括约肌控制排尿,肛门出口宽大,排空良好,从而减少了由于尿液反流引起的逆行感染及肾功能损害;最后,输尿管在肠管粘膜下潜行约 3.0 cm,并且末端呈乳头状与贮尿囊粘膜缝合,具有双重抗反流作用。

**2.4.2 可控性好** 肛门括约肌为骨骼肌管,受意识支配,有较强的自主排便功能;肛门括约肌休息状态下收缩压平均为 77 cm  $\text{H}_2\text{O}$ ,最大收缩压为 156 cm  $\text{H}_2\text{O}$ ,远大于新贮尿囊内压 21 cm  $\text{H}_2\text{O}$  及 36 cm  $\text{H}_2\text{O}$ <sup>[2]</sup>,术后不易出现尿失禁。并且蹲位排尿方式接近女性生理习惯,更为女性患者所接受。

**2.4.3 高氯性酸中毒及电解质紊乱发生率低** 乙状结肠及直肠的主要生理功能是贮存粪便,吸收能力有限,依据消化道吸收功能定位表,结肠仅吸收钠、氯、水。贮尿囊形成以后长期在尿液的刺激下,肠管粘膜出现萎缩,因此吸收能力大大减弱,减少了  $\text{Cl}^-$  及肠管内酸性物质的重吸收,同时  $\text{HCO}_3^-$  的分泌受到抑制,因此降低了发生酸碱失衡及电解质紊乱的发生率。

**2.4.4 能有效贮尿** 直肠肛管动力学研究显示<sup>[2]</sup>:术前直肠休息状态下压力平均为 24 cm  $\text{H}_2\text{O}$ ,收缩压与肠腔内容积量有关,容积量达 200 mL 时肠管出现明显收缩,当肠内容为 400 mL 时,肠腔内压力最高可达 72 cm  $\text{H}_2\text{O}$ ;分别在术后 17 天、3 个月、6 个月测改良 Mainz II 休息状态时的压力平均为 21 cm  $\text{H}_2\text{O}$ ,逐渐增加肠管内容物至 400 mL 贮尿囊肠管也不会出现收缩,肠内容物特别大时,肠腔内压力也很少超过 36 cm  $\text{H}_2\text{O}$ ;3 个月和 6 个月时发现肠管收缩与肠腔内容物的量再没有相关性。

**2.4.5 尿粪分流、能改善便秘** 患者术后 2-3 个月实现尿粪分流,腹泻发生率低;对于部分大便干结的患者因尿液对粪便的湿润作用,有效改善了便秘。

### 3 问题与展望

到目前为止,尿流改道术虽然尚无标准治疗方案,手术方式的选择主要依赖于患者的具体情况及术者的经验。尤其对改良 Mainz II 术式来讲,病例报告样本量较小,缺乏大样本的研究;另外,对患者手术以后的随访时间较短,没有长期的随访追踪报道,因此对术后出现的并发症及患者生活质量的评价具有片面性及局限性;最后就是缺少该手术方式与经典的 Bricker 术式、以及原位膀胱术的对比研究。

然而,对于膀胱肿瘤侵犯尿道、膀胱颈部肿瘤、三角区肿瘤、多发肿瘤而不能选择行原位膀胱术或者不希望佩戴集尿袋的患者来说,改良 Mainz II 手术无疑是一种较理想的选择。该手术方式:① 可控性好;② 容量大,低压力,顺应性好;③ 逆行

感染发生率低;④ 代谢性酸中毒发生率低;⑤ 肾功能损害发生率低。⑥ 改道手术方式简单,容易被术者掌握;⑦ 手术创伤小、用时短、并发症相对较少、不需要挂尿袋或间断性导尿,患者生活可以自理,利于心理健康,改善生活质量。现有的临床研究表明,改良 Mainz II 式可控尿流改道术操作简单,只需单纯的纵切横缝,可构造一个大容量、低压力膀胱,对肠管扰动小,不破坏其连续性,肠道并发症少,排空满意,且手术适应证相对较广,与历史悠久的 Bricker 膀胱等相比,术后并发症低,尿控效果好,无需终生佩戴集尿器,降低了经济费用,提高了患者生活质量<sup>[2]</sup>;相信,经过进一步的改良,改良 Mainz II 术式将成为膀胱全切后尿流改道的重要术式之一,在特定的情况下会替代其他类型的尿流改道。

#### 参考文献(References)

- [1] Jemal A, Bray F, Center MM, et al. Global cancer statistics 2008 [J]. CA Cancer J Clin, 2011, 61(2): 69-90
- [2] 中华人民共和国卫生部. 2010 中国卫生统计年鉴 [M]. 北京:中国协和医科大学出版社, 2010: 230-285  
Ministry of Public Health of China. Health statistics yearbook 2010 of China [M]. Peking: China Xie-he Medical University Publishing House, 2010: 230-285
- [3] Hara I, Miyake H, Hara S, et al. Health-related quality of life after radical cystectomy for bladder cancer: a comparison of ileal conduit and orthotopic bladder replacement [J]. BJU Int, 2002, 89(1): 10-13
- [4] Picchio M, Treiber U, Beer AJ, et al. Value of c-choline PET and contrast enhanced CT for staging of bladder cancer: correlation with histopathologic findings [J]. J Nucl Med, 2006, 47(6): 938-944
- [5] Andy M, Norman, Kimberly A. Gerten, Jilani Ibrahim. A modified Mainz II pouch technique for management of refractory vesicovaginal fistulas: Patient focused outcomes [J]. Int Journal of Gynecology and Obstetrics, 2008, 101(1): 35-38
- [6] 那彦群, 叶章群, 孙光主编. 2011 版中国泌尿外科疾病诊断治疗指南 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011: 35-36  
Na Yan-qun, Ye Zhang-qun, Sun Guang. The 2011 edition of China urology disease diagnosis and treatment guidelines [M]. Peking: People's Medical Publishing House, 2011: 35-36
- [7] Simon J, St. Thomas's Hospital. Ectopia Vescicae (absence of the Anterior Walls of the Bladder and Pubic Abdominal Parietes). Operation for Directing the Orifices of the Ureters into the Rectum: Temporary Success; Subsequent Death; Autopsy. Lancet 1852 (60): 568-570
- [8] Fisch M, Wammack R, Hohenfellner R. The sigma rectum pouch (Mainz pouch II) [J]. World J Urol, 1996(14): 68-72
- [9] Mekresh M M, Hafez A T, Abol Enein H, et al. Double folded rectosigmoid bladder with a new ureterocolic antireflux technique [J]. J Urol, 1997, 157(6): 2085-2089
- [10] Fisch M, Mappes C, Klinkowski U, et al. The Rectosigmoid pouch. The Mainz pouch II. Apropos of 73 cases. Ann Urol (Paris). 1995; 29 (4): 238-245
- [11] 李贤初, 苏士平, 冯富川等. Sigma 直肠膀胱术 [J]. 中华泌尿外科杂志, 1996, 17(3): 154-157  
Li Chu-xian, Su Shi-ping, Fen Fu-chuang, et al. Sigma rectum bladder [J]. Chin J Urol, 1996, 17(3): 154-157

- [12] 程双管, 钱立新, 吴宏飞, 等. 改良 Sigma 直肠膀胱术 [J]. 中华泌尿外科杂志, 2001, 22(1): 36-37  
Cheng Shuang-guan, Qian Li-xin, Wu Hong-fei, et al. Modified Sigma rectum bladder [J]. Chin J Urol, 2001, 22(1): 36-37
- [13] Zhvania G, Mshvidadze Sh, Managadze G, et al. Results of radical cystectomy with Mainz Pouch II diversion (single institution experience). National Centre of Urology, Tbilisi, Georgia [J]. Georgian Medical News, 2012, (211): 7-13
- [14] 王家吉, 杨立, 岳中瑾等. 腹腔镜下膀胱全切—改良 Mainz II 式膀胱 [J]. 中国微创杂志, 2011, 11(4): 322-324  
Wang Jia-ji, Yang Li, Yue Zhong-jin, et al. Laparoscopic cystectomy-Modified Mainz II bladder [J]. Chin J Min Inv Surg, 2011, 11(4): 322-324
- [15] 张前, 吴宏飞, 华立新, 等. 改良 Sigma 直肠膀胱术 109 例报告 [J]. 中华泌尿外科杂志, 2007, 28(11): 750-751  
Zhang Qian, Wu Hong-fei, Hua Li-xin, et al. Modified Sigma rectal bladder 109 cases report [J]. Chin J Urol, 2007, 28(11): 750-751.
- [16] Mark A. Morgan, Mary Lake Polan, Habte H. Melecot, et al. Experience with a low-pressure colonic pouch (Mainz II) urinary diversion for irreparable vesicovaginal fistula and bladder extrophy in East Africa [J]. Int Urogynecol J, 2009, 20: 1163-1168
- [17] Matthew K. Tollefson, Daniel S. Elliott, Horst Zincke, et al. Long-term outcome of ureterosigmoidostomy: an analysis of patients with >10 years of follow up [J]. BJU International, 2010, 105 (6): 860-863
- [18] Jovan B, Hadozi-Djokic, Dragoslav T, et al. A Modified sigma-rectum pouch (Mainz pouch II) technique: analysis of outcome and complications on 220 patients [J]. BJU Int, 2006, 97(3): 567-591
- [19] 汪泽厚, 周高标, 洪泉, 等. 乙状结肠膀胱术的并发症及预防 [J]. 临床泌尿外科杂志, 2010, 25(1): 38-41  
Wang Ze-hou, Zhou Gao-biao, Hong Quan, et al. Complications and prevention of sigmoid colon neobladder [J]. Journal of Chinese Urology, 2010, 25(1): 38-41
- [20] Gumus E, Miroglu C, Saparta L, et al. Rectodynamic and Radiological Assessment in Modified Mainz Pouch II Cases [J]. Eur Urol, 2000, 38(3): 316-322
- [21] De' lia G, Pahernik M, Fisch M, et al. Mainz Pouch II technique: 10 years' experience [J]. BJU Int 2004, 93(7): 1037-1042
- [22] Madersbacher S, Schmidt J, Eberle J M, et al. Long-Term Outcome of ileal Conduit Diversion [J]. J Urol, 2003, 169(3): 985-990

## (上接第 3378 页)

- [38] Lucchinetti E, Ambrosio S, Aguirre J, et al. Sevoflurane inhalation at sedative concentrations provides endothelial protection against ischemia-reperfusion injury in humans [J]. Anesthesiology, 2007, 106 (2): 262-268
- [39] Zhan H. Ischemic postconditioning as a novel avenue to protect against brain injury after stroke [J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2009, 29(5): 873-885
- [40] 韩文冬, 张丽娟. 七氟醚后处理对体外循环内心直视手术患者围手术期脑保护作用 [J]. 中国现代医学杂志, 2012, 22(22): 96-99  
Han Wen-dong, Zhang Li-juan. The neuroprotection of Sevoflurane postconditioning in patients under open heart surgery with cardiopulmonary bypass [J]. Chinese Journal of Modern Medicine, 2012, 22(22): 96-99
- [41] 郑贤军, 姜金玉, 孔高茵. 七氟醚预处理对体外循环心脏瓣膜置换术患者血清 S100 $\beta$  蛋白浓度的影响 [J]. 中国医药指南, 2013, 11 (22): 177-179  
Zheng Xian-jun, Jiang Jin-yu, Kong Gao-yin. The effect of Sevoflurane preconditioning in patients' serum S100  $\beta$  protein concentration undergoing cardiac valve replacement with cardiopulmonary bypass [J]. Guide of China Medicine, 2013, 11(22): 177-179
- [42] Dabrowski W, Rzecki Z, Czajkowski M, et al. Volatile anesthetics reduce biochemical markers of brain injury and brain magnesium disorders in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery [J]. Cardiothorac Vasc Anesth, 2012, 26(3): 395-402
- [43] Singh SP, Kapoor PM, Chowdhury U, et al. Comparison of S100 $\beta$  levels, and their correlation with hemodynamic indices in patients undergoing coronary artery bypass grafting with three different anesthetic techniques [J]. Ann Card Anaesth, 2011, 14(3): 197-202
- [44] Payne RS, Akca O, Roewer N, et al. Sevoflurane-induced preconditioning protects against cerebral ischemic neuronal damage in rats [J]. Brain Res, 2005, 1034(1-2): 147-152
- [45] Moe MC, Berg-Johnsen J, Larsen GA, et al. The effect of isoflurane and sevoflurane on cerebrocortical presynaptic Ca<sup>2+</sup> and protein kinase C activity [J]. J Neurosurg Anesthesiol, 2003, 15(3): 209-214
- [46] Engelhard K, Werner C, Eberspacher E, et al. Sevoflurane and Propofol influence the expression of apoptosis-regulating proteins after cerebral ischaemia and reperfusion in rats [J]. Eur J Anaesthesiol, 2004, 21(7): 530-537
- [47] Kehl F, Payne RS, Roewer N, et al. Sevoflurane-induced preconditioning of rat brain in vitro and the role of KATP channels [J]. Brain Res, 2004, 1021(1): 76-81
- [48] Wang S, Dai ZG, Dong XW, et al. Duplicate preconditioning with sevoflurane in vitro improves neuroprotection in rat brain via activating the extracellular signal-regulated protein kinase [J]. Neurosci Bull, 2010, 26(6): 437-444
- [49] Istaphanous GK, Howard J, Nan X, et al. Comparison of the neuroapoptotic properties of equipotent anesthetic concentrations of desflurane, isoflurane, or sevoflurane in neonatal mice [J]. Anesthesiology, 2011, 114(3): 578-587
- [50] 左蕾, 李琪英, 刘丹彦. 不同浓度七氟醚对老年大鼠认知功能的影响 [J]. 重庆医科大学学报, 2013, 38(3): 239-243  
Zuo Lei, Li Qi-ying, Liu Dan-yan. Effects of anesthetic sevoflurane with different concentrations on cognitive function in aged rats [J]. Journal of Chongqing Medical University, 2013, 38(3): 239-243