

· 临床研究 ·

主动电极右室间隔不同起搏部位对心功能的影响

田由鹏¹, 邵江^{1*}, 牟华明¹, 马士容¹, 石伟¹, 吴中杰¹, 黄亮¹, 吴强², 汪建兵¹, 牟桂琴¹
(重庆大学附属三峡医院:¹ 心血管内科, ² 超声科, 重庆 404000)

【摘要】目的 比较主动电极在右室间隔(RVS)不同位置起搏的QRS波宽度、血清氨基末端B型利钠肽前体(NT-proBNP)及血流动力学指标,探索右室间隔最佳起搏部位。**方法** 选择2014年7月至2018年2月重庆大学附属三峡医院心血管内科收治的符合人工永久起搏器植入适应证、行单腔起搏器植入的177例患者为研究对象,根据在X线前后位透视下心室主动电极植入部位与脊椎影高度对比,将患者分为右室高、中、低位间隔组,其中高位间隔组54例,中位间隔组68例,低位间隔组55例。记录术前及术后QRS波群宽度、血清NT-proBNP及血流动力学指标,同时在起搏器植入术前、术后6个月及术后1年测量左室舒张末期前后径(LVEDD)、左心射血分数(LVEF)、每搏输出量(SV)及左室短轴缩短率(LVFS)。采用SPSS 26.0统计软件进行数据分析。根据数据类型,组间比较分别采用方差分析、非参数检验、 χ^2 检验及Fisher精确概率检验。**结果** 各组术前QRS、血清NT-proBNP、LVEDD、LVEF、LVFS及SV比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。术后各组QRS均较术前增宽,组间比较中位组术后QRS波最窄,低位组最宽($P<0.05$)。中位组术后NT-proBNP较术前明显降低($P<0.05$),高位组及低位组术后6个月及1年均较术前明显升高($P<0.05$)。高位组及低位组术后6个月及1年LVEDD均大于中位组($P<0.05$);中位组术后LVEDD小于术前,低位组术后LVEDD大于术前($P<0.05$)。中位组术前与术后LVEF、LVFS、SV无明显变化($P>0.05$);中位组术后6个月SV及术后1年LVEF、LVFS、SV较低位组明显升高,与高位组相比则仅有术后1年LVEF有显著升高($P<0.05$)。**结论** 右室中位间隔部位对心功能影响较小,是最合适的右室间隔起搏位置。

【关键词】 心脏起搏器;人工;主动电极;室间隔;起搏部位;心功能

【中图分类号】 R541.7

【文献标志码】 A

【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2021.08.119

Effect of different implantation sites of active fixation electrode on cardiac function in right ventricular septal pacing

TIAN You-Peng¹, SHAO Jiang^{1*}, MOU Hua-Ming¹, MA Shi-Rong¹, SHI Wei¹, WU Zhong-Jie¹, HUANG Liang¹, WU Qiang², WANG Jian-Bing¹, MOU Gui-Qin¹

(¹Department of Cardiology, ²Department of Ultrasonography, Chongqing University Three Gorges Hospital, Chongqing 404000, China)

【Abstract】Objective To investigate the best pacing sites of right ventricular septum (RVS) by comparing QRS wave width, serum N-terminal pro B-type natriuretic peptide (NT-proBNP) level and hemodynamic indicators in the patients undergoing different electrode positions in RVS. **Methods** A total of 177 patients who met the indications for artificial permanent pacemaker implantation and underwent single-chamber pacemaker implantation in our hospital from July 2014 to February 2018 were recruited in this study. According to the implantation site of active fixation electrode compared with height of vertebral shadow under X-ray at the posteroanterior position, they were divided into right ventricular high-septal ($n=54$), median-septal ($n=68$), and low-septal groups ($n=55$). The width of QRS complex, serum NT-proBNP level and hemodynamic indicators were recorded before and after operation. Left ventricular end diastolic diameter (LVEDD), left ventricular ejection fraction (LVEF), stroke volume (SV) and left ventricular fractional shortening (LVFS) were measured before and 6 months and 1 year after pacemaker implantation. SPSS statistics 26.0 was used for statistical analysis. One-way analysis of variance, non-parametric test, *Chi-square* test or Fisher exact probability test was adopted for intergroup comparison depending on different data types. **Results** There was no statistical difference in preoperative QRS width, serum NT-proBNP level, LVEDD, LVEF, LVFS and SV in the three groups ($P>0.05$). After operation, QRS width was increased in all groups, and it was the narrowest in the median-septal group, and widest in the low-septal group ($P<0.05$). Post-operative NT-proBNP was significantly lower in the median-septal groups than before ($P<0.05$), and both the low-septal group and high-septal group increased significantly at 6 months and 1 year after operation ($P<0.05$). The LVEDD of high-septal group and low-septal group

收稿日期: 2020-09-23; 接受日期: 2021-01-06

基金项目: 重庆市卫生健康委员会 2014 年医学科研计划项目(20142137)

通信作者: 邵江, E-mail: shaojiang1234@163.com

was greater than that of median-septal group at 6 months and 1 year after operation ($P<0.05$); LVEDD of median-septal group was less than that before operation; LVEDD of low-septal group was more than that before operation. There was no significant difference between preoperative and postoperative LVEF, LVFS and SV in the median-septal group($P>0.05$). Compared with low-septal group, the SV at 6 months, and LVEF, LVFS, and SV at 1 year postoperatively of median-septal group were significantly increased; compared with high-septal group, only LVEF at 1 year after operation was significantly increased ($P<0.05$). **Conclusion** Median-septal site for RVS pacing shows little effect on cardiac function, and is the optimal site for RVS.

【Key words】 pacemaker, artificial; active fixation electrode; ventricular septum; pacing site; heart function

This work was supported by the Project of Medical Scientific Research Plan of Chongqing Municipal Health Commission in 2014 (20142137).

Corresponding author: SHAO Jiang, E-mail: shaojiang1234@163.com

植入心脏起搏器是治疗缓慢心律失常最重要的方法,而电极起搏部位的选择直接影响起搏疗效是否能达到最理想化。以前临床上广泛采用被动电极于右心室心尖部(right ventricular apex, RVA)行心脏起搏治疗,这种方法有许多优点,但改变了心脏正常激动顺序,对左右心室收缩的协调性产生负作用,从而对心功能产生不良影响。因此,尽量符合生理性起搏是目前研究的热点。随着可以螺旋进入心肌的主动电极问世,右室间隔部(right ventricular septum, RVS)起搏在电极稳定性、心功能保护等方面优于心尖部起搏而成为更好的选择。右室间隔部面积较大,依据X线影像与脊椎影高度对比,可分为高、中、低位右室间隔。究竟谁是最佳间隔起搏部位目前尚无定论。本研究对比心脏结构、心功能指标、QRS波时限、氨基末端B型利钠肽前体(N-terminal pro B-type natriuretic peptide, NT-proBNP)等多个参数,重点分析3个不同部位起搏对心功能的影响,旨在为临床选择最合适的RVS位置提供依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选择2014年7月至2018年2月于重庆大学附属三峡医院心血管内科行永久人工心脏起搏器植入的177例患者为研究对象,其中病态窦房结综合征74例,房室传导阻滞(包括二度、高度和三度房室传导阻滞)92例,持续性心房颤动合并长间歇11例;男性79例,女性98例;年龄37~89(69.40±9.59)岁。纳入标准:(1)知晓、同意并签署知情同意书;(2)有缓慢性心律失常,符合起搏器植入的Ⅰ类或Ⅱa类适应证;(3)心室电极选用主动电极。排除标准:(1)不同意选用主动电极,要求应用被动电极;(2)需进行心脏再同步化治疗;(3)需植入埋藏式心律转复除颤器;(4)合并急性心肌梗死;(5)诊断为扩张型心肌病;(6)合并心脏瓣膜病;(7)合并肾功能不全(肾衰竭期、尿毒症期)。根据X线后前位

心影与椎体影的相对位置将心影划分为上中下3个区域,判断电极头端在心影中的相对高度。高位间隔:距心影底部高于2个椎体影;中位间隔:距心影底部1.5~2个椎体影;低位间隔:距心影底部1.5个椎体影以下。根据随机数表法将患者随机分为3组,分别在右室高位间隔、中位间隔及低位间隔3种主动电极起搏部位植入心脏起搏器,其中右室高位间隔组54例,中位间隔组68例,低位间隔组55例。

1.2 方法

1.2.1 心脏起搏器植入 起搏器与电极导线植入选用美敦力(美敦力公司,美国)或圣犹达(圣犹达公司,美国)起搏器,植入主动固定螺旋电极为配套的圣犹达2088TC-58 cm或美敦力公司5076-58 cm型电极。常规局部麻醉下制作囊袋,穿刺左/右锁骨下静脉或腋静脉,送入8F撕开型静脉鞘,用直导丝送入主动电极到右心房,交换为双弯曲导丝跨越三尖瓣口,送入肺动脉,回撤电极,头端指向右室间隔面,以在左前斜40°投照位观察电极头端指向脊柱方向,右前斜30°电极头端不能贴靠到心影左缘(游离壁)为佳。观察电极头端位置固定,损伤电位大于5 mV,粗测起搏阈值,感知灵敏度符合要求后旋出螺旋,再次测定阈值、感知及阻抗,参数满意后调整电极保持合适张力,固定电极,经深呼吸、咳嗽及数十个心动周期观察电极无脱位,连接起搏器及电极,逐层缝合起搏器囊袋。

1.2.2 心电图记录 QRS波时限 记录人员:手术医师。检查时间:术前及术后当天。

1.2.3 NT-proBNP检测 检查人员:检验科技师。检查时间:术前,术后5 d、6个月及1年。

1.2.4 超声心动图测量 取标准胸骨旁左心室长轴切面、心尖五腔观及标准心尖四腔观观察,测量左室舒张末期前后径(left ventricular end diastolic diameter, LVEDD)、左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、每搏输出量(stroke volume,

SV)、左室短轴缩短率(left ventricular fractional shortening, LVFS)。操作人员:本院超声科医师。检查时间:起搏器植入术前、术后 6 个月及 1 年。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用方差分析,不符合正态分布则使用非参数检验。计数资料以例数(百分率)表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3 组患者基线资料比较

3 组患者基线资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$;表 1)。

2.2 3 组患者心电图 QRS 波宽度、心脏结构及心功能指标比较

3 组术前 QRS、血清 NT-proBNP、LVEDD、LVEF、LVFS 及 SV 差异均无统计学意义($P > 0.05$),起搏比例差异无统计学意义($P > 0.05$)。术后各组 QRS 均较术前增宽($P < 0.05$),中位组术后 QRS 波最窄,低位组 QRS 波最宽,组间差异有统计学意义($P < 0.05$)。中位组术后各时间段 NT-proBNP 均较术前降低($P < 0.05$);高位组及低位组术后 5 d 较术前无明显变化($P > 0.05$),但术后 6 个月及 1 年较术前升高($P < 0.05$);组间比较显示术后 6 个月及 1 年中位组 NT-proBNP 均低于其他 2 组($P < 0.05$)。中位组术后 LVEDD 小于术前($P < 0.05$),高位组术后 6 个月及 1 年较术前则无明显变化($P > 0.05$),而低位组术后较术前明显增大($P < 0.05$);组间比较显示高位组及低位组术后 6 个月及 1 年 LVEDD 均大于

中位组($P < 0.05$)。高位组 LVFS 术前与术后无明显变化($P > 0.05$),LVEF 及 SV 术后低于术前($P < 0.05$);中位组术前与术后 LVEF、LVFS、SV 无明显变化($P > 0.05$);低位组除术后 6 个月 LVFS 较术前无明显变化,其他时间段术后 LVEF、LVFS 及 SV 均低于术前;中位组术后 6 个月 SV 及术后 1 年 LVEF、LVFS、SV 较低位组明显升高,与高位组相比则仅有术后 1 年 LVEF 有显著升高($P < 0.05$;表 2)。

3 讨论

自 1958 年第 1 例起搏器植入手术后,起搏器发展迅速。被动电极时代,右心室心尖部位被认为是主要的心脏起搏部位,采用该起搏方式电极易到位、操作简单、起搏可靠、并发症少^[1]。然而大量国内外研究证实右心室心尖部是血液动力学表现最差的起搏部位,采用右心室心尖部位起搏不可避免地改变了心脏正常电生理传导及起搏顺序,心室激动与生理起搏相反,左右心室激动不同步,显著影响血流动力学,导致 QRS 波群时限增宽及左心功能降低^[2,3]。

随着主动电极的普及,目前最符合生理性起搏特征的起搏器植入方式为希氏束起搏(His bundle pacing, HBP),HBP 后电激动可通过心脏正常传导系统下传,从而获得接近正常的心室电激动和收缩同步性。且大量研究证明 HBP 与右室心尖部起搏(right ventricular apical pacing, RVAP)、右室间隔起搏(right ventricular septum pacing, RVSP)以及作为心脏再同步化治疗(cardiac resynchronization therapy, CRT)指征患者双心室起搏(biventricular pacing, BiVP)的替代治疗对比,均能改善患者 LVEF、纽约心脏病协会(New York Heart Association, NYHA)心

表 1 3 组患者基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline data among three groups

Item	High-septal group(<i>n</i> = 54)	Median-septal group(<i>n</i> = 68)	Low-septal group(<i>n</i> = 55)	<i>P</i> value
Male[<i>n</i> (%)]	25(46.3)	32(47.1)	22(40.0)	0.705
Age(years, $\bar{x} \pm s$)	67.28±10.06	71.134±9.22	69.07±9.26	0.060
Smoking[<i>n</i> (%)]	14(25.9)	18(26.5)	9(16.4)	0.354
Hypertension[<i>n</i> (%)]	18(33.3)	25(36.8)	21(38.2)	0.863
CAD[<i>n</i> (%)]	11(20.4)	11(16.2)	16(29.1)	0.216
DM[<i>n</i> (%)]	8(14.8)	6(8.8)	6(10.9)	0.580
SSS[<i>n</i> (%)]	23(42.6)	27(39.7)	24(43.6)	0.962
AVB[<i>n</i> (%)]	28(51.9)	36(52.9)	28(50.9)	0.975
AF with long pause[<i>n</i> (%)]	2(3.7)	6(8.8)	3(5.5)	0.545

CAD: coronary atherosclerotic heart disease; DM: diabetes mellitus; SSS: sick sinus syndrome; AVB: atrioventricular block; AF: atrial fibrillation.

表 2 3 组患者各观察时间点心电图 QRS 波宽度、心脏结构及心功能指标的比较

Table 2 Comparison of width of QRS, cardiac structure and cardiac function among three groups at different time points

[M(Q₁, Q₃)]

Item	High-septal group (n=54)	Median-septal group (n=68)	Low-septal group (n=55)	Z	P value
VP(%)	69.00(27.53,99.00)	80.00(28.00, 99.00)	59.30(23.23, 92.23)	3.05	0.218
QRS duration(ms)					
Before operation	96.00(90.00, 102.50)	96.00(90.00, 100.00)	96.50(92.00, 104.00)	1.82	0.403
After operation	135.00(130.00, 140.00)*	128.00(126.00, 135.00)*#	152.50(145.00, 168.00)*#△	92.32	<0.001
NT-proBNP(pg/ml)					
Before operation	656.50(257.25, 1912.25)	823.00(300.00, 1151.00)	819.00(492.00, 1537.00)	0.88	0.643
5 d after operation	517.00(255.75, 1607.25)	586.00(253.00, 877.00)*	806.00(406.50, 1785.50)△	8.60	0.025
6 months after operation	1208.00(398.75, 1889.25)*	534.00(338.00, 775.00)*#	1434.00(779.00, 2286.25)*△	34.81	<0.001
1 year after operation	1201.50(414.50, 2435.00)*	345.00(229.00, 576.00)*#	2272.50(1116.25, 3376.00)*#△	57.27	<0.001
LVEDD(mm)					
Before operation	46.00(42.70, 48.00)	46.00(44.00, 50.00)	45.50(42.50, 50.00)	1.71	0.432
6 months after operation	48.00(42.75, 49.25)	44.00(42.00, 47.00)*#	50.00(45.00, 54.50)*△	20.81	<0.001
1 year after operation	48.00(43.75, 50.00)	44.00(40.00, 46.00)*#	54.00(43.50, 55.00)*#△	31.56	<0.001
LVEF(%)					
Before operation	59.00(57.00, 61.25)	59.00(53.00, 62.00)	60.00(56.00, 62.75)	4.64	0.098
6 months after operation	56.00(53.00, 59.00)*	56.00(54.00, 60.00)	55.00(51.00, 56.00)*	6.87	0.032
1 year after operation	54.00(50.00, 56.00)*	58.00(56.00, 62.00)#	50.00(48.00, 55.75)*#△	27.29	<0.001
LVFS(%)					
Before operation	32.00(30.00, 35.25)	33.00(30.00, 36.00)	33.00(31.00, 34.00)	0.07	0.964
6 months after operation	30.00(28.00, 35.00)	31.00(28.00, 35.00)	30.00(27.00, 32.00)	6.01	0.055
1 year after operation	30.00(26.00, 32.00)	31.00(28.00, 34.00)	28.00(26.00, 30.00)*#△	20.85	<0.001
SV(ml)					
Before operation	59.00(44.00, 67.00)	56.00(50.00, 78.00)	58.00(55.00, 61.00)	0.14	0.933
6 months after operation	53.00(46.00, 60.00)*	54.00(48.00, 76.00)	50.50(47.25, 55.00)*△	3.17	0.045
1 year after operation	52.00(50.00, 58.00)*	54.00(44.00, 74.00)	47.50(43.00, 54.50)*#△	6.08	0.048

VP: ventricular pacing; NT-proBNP: N-terminal pro B-type natriuretic peptide; LVEDD: left ventricular end diastolic diameter; LVEF: left ventricular ejection fraction; LVFS: left ventricular fractional shortening; SV: stroke volume. Compared with before operation in the same group, *P<0.05, compared with high-septal group, #P<0.05; compared with median-septal group, △P<0.05.

功能分级及相关临床指标^[4-6]。与 RVAP、RVSP 相比,HBP 存在操作难度大、成功率有限等缺点,目前随着专用器械的发展,HBP 植入成功率有所提高,但是学习难度也相应提高。HBP 亦存在房室交叉感知、起搏阈值高等问题,且缩短了起搏器使用寿命。此外,为了预防起搏器起搏不良及电极脱位,需额外备用起搏器电极,因此增加住院费用和起搏器相关不良事件发生风险^[7,8]。

除 HBP 外,RVSP 因起搏部位为右心室间隔部位,靠近希氏束,也接近正常电生理传递,有利于左右心室机械活动同步^[9,10]。相较于 HBP,RVSP 导线植入点位于希氏束远端的间隔部心肌,不直接接触心脏的特殊传导系统,不记录传导系统电位,理论上不损伤传导系统。既往已有大量

研究证实右心室间隔起搏优于心尖部起搏^[11,12]。研究表明右室间隔是长期起搏治疗最有希望的领域,故目前 RVSP 仍具有重要的临床应用价值。右室间隔是非常广泛且结构复杂的区域,且到目前为止,对于右室间隔的最佳起搏点尚未有统一定论。因此,我们通过 X 线前后位下心影与椎体影的相对位置将之分为高、中、低位右室间隔,以研究最佳室间隔起搏部位。

本研究结果显示,中位间隔组术后 QRS 波群时限最小,QRS 波群的宽窄反映了左、右心室激动和收缩顺序的同步性与否,QRS 时限越窄,说明左、右心室电激动顺序和收缩的同步性越好,故中位间隔更符合生理的起搏部位,高位间隔次之。同时,各组术后血清 NT-proBNP 比较,右心室高位、中位间隔

组血清 NT-proBNP 明显低于低位间隔组,且相对于术前,中位组术后血清 NT-proBNP 下降差值也有统计学意义。血清 NT-proBNP 是心肌细胞分泌的神经激素,是目前诊断心力衰竭的最具代表性的生物学指标之一,可间接反映左心室容量负荷和室壁张力变化,能较早反映心功能变化^[13],据此可以推测高位间隔、中位间隔起搏对心功能影响较小。此外,本研究心脏彩超参数中,中位组 LVEDD 与血清 NT-proBNP 具有相同趋势。另外各组 LVEF、LVFS、SV 组间及组内对比结果均表明中位间隔起搏组对心脏血流动力学及心脏重构影响最小,甚至在某种程度上能得到一定改善。

综上所述,本研究认为在常用右心室间隔起搏部位中,中位间隔为最佳起搏部位,更符合心脏的生理传导,对心脏血流动力学影响最小,患者获益最大,其次是高位间隔,这可能与中位间隔更靠近希氏束有关,可以实现“近希氏束起搏”。本研究为单中心研究,且存在样本量小,随访时间偏低的局限性,未来仍需要大样本、多中心的随机对照研究进一步验证。

【参考文献】

[1] 徐勋龙,宿燕岗,王帅,等. 心室主动固定电极导线固定时损伤电流特征分析[J]. 中国心脏起搏与心电生理杂志, 2013, 27(6): 503-506. DOI: 10.7695/zgxb201306009.
Xu XL, Su YG, Wang S, *et al.* Characteristics of current of injury at the time of fixation of active fixation pacing leads[J]. Chin J Card Pacing Electrophysiol, 2013, 27(6): 503-506. DOI: 10.7695/zgxb201306009.

[2] 宿燕岗,葛均波. 生理性起搏的再认识[J]. 中国心脏起搏与心电生理杂志, 2007, 21(3): 196-199. DOI: 10.3969/j.issn.1007-2659.2007.03.002.
Su YG, Ge JB. Recognition of physiological pacing[J]. Chin J Card Pacing Electrophysiol, 2007, 21(3): 196-199. DOI: 10.3969/j.issn.1007-2659.2007.03.002.

[3] Tops LF, Schalij MJ, Bax JJ. The effects of right ventricular apical pacing on ventricular function and dyssynchrony implications for therapy[J]. J Am Coll Cardiol, 2009, 54(9): 764-766. DOI: 10.1016/j.jacc.2009.06.006.

[4] Occhetta E, Bortnik M, Magnani A, *et al.* Prevention of ventricular desynchronization by permanent para-Hisian pacing after atrioven-

tricular node ablation in chronic atrial fibrillation: a crossover, blinded, randomized study *versus* apical right ventricular pacing[J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 47(10): 1938-1945. DOI: 10.1016/j.jacc.2006.01.056.

[5] Kronborg MB, Mortensen PT, Poulsen SH, *et al.* His or para-His pacing preserves left ventricular function in atrioventricular block: a double-blind, randomized, crossover study [J]. Europace, 2014, 16(8): 1189-1196. DOI: 10.1093/europace/euu011.

[6] Lustgarten DL, Crespo EM, Arkhipova-Jenkins I, *et al.* His-bundle pacing *versus* biventricular pacing in cardiac resynchronization therapy patients: a crossover design comparison[J]. Heart Rhythm, 2015, 12(7): 1548-1557. DOI: 10.1016/j.hrthm.2015.03.048.

[7] Zanon F, Ellenbogen KA, Dandamudi G, *et al.* Permanent His-bundle pacing: a systematic literature review and meta-analysis[J]. Europace, 2018, 20(11): 1819-1826. DOI: 10.1093/europace/euy058.

[8] 方冬平,张英川,李果,等. 右室流入道间隔部植入起搏器的长期随访研究[J]. 中国全科医学, 2013, 16(17): 2045-2047. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2013.06.071.
Fang DP, Zhang YC, Li G, *et al.* Long-term follow-up of right ventricular inlet septal pacing[J]. Chin Gen Pract, 2013, 16(17): 2045-2047. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2013.06.071.

[9] Hillock RJ, Stevenson IH, Mond HG. The right ventricular outflow tract: a comparative study of septal, anterior wall, and free wall pacing[J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2007, 30(8): 942-947. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2007.00790.x.

[10] Parekh S, Stein KM. Selective site pacing: rationale and practical application[J]. Curr Cardiol Rep, 2008, 10(5): 351-359. DOI: 10.1007/s11886-008-0057-6.

[11] 申强,包忠武,艾庆,等. 右心室间隔部与右心室心尖部起搏对心脏血流动力学的影响[J]. 中国全科医学, 2011, 14(3): 255-257. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2011.03.009.
Shen Q, Bao ZW, Ai Q, *et al.* Effects on hemodynamics by pacing in right ventricle septum and right ventricle apex[J]. Chin Gen Pract, 2011, 14(3): 255-257. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2011.03.009.

[12] Mond HG. The road to right ventricular septal pacing: techniques and tools[J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2010, 33(7): 888-898. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2010.02777.x.

[13] Chow SL, Maisel AS, Anand I, *et al.* Role of biomarkers for the prevention, assessment, and management of heart failure: a scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2017, 135(22): e1054-e1091. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000490.

(编辑: 郑真真)