

应用 Cardioband 系统治疗功能性二尖瓣反流的研究进展

桑梓楠^{1,2} 张凤伟²

(1. 山东第一医科大学(山东省医学科学院)研究生院, 山东 泰安 271000; 2. 临沂市人民医院心脏外科, 山东 临沂 276000)

【摘要】 功能性二尖瓣反流是指瓣膜结构无器质性病变, 继发于左室重塑及收缩功能障碍的二尖瓣闭合不全。其大多合并缺血性或非缺血性心脏病、心力衰竭等, 往往提示预后不良。相较于退行性二尖瓣反流, 功能性二尖瓣反流的外科治疗尚未被证明具有显著获益。Cardioband 系统是首个达到外科手术效果的经皮二尖瓣环成形设备, 它通过介入的方式将特制的成形环准确固定于二尖瓣环处, 有效缩减二尖瓣环尺寸以降低反流量。Cardioband 系统在高危功能性二尖瓣反流患者的治疗中具有良好的安全性和有效性, 但其适用标准及远期疗效仍需更多的临床试验进一步探索。

【关键词】 Cardioband 系统; 功能性二尖瓣反流; 经皮二尖瓣环成形术

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.10.012

Cardioband System in Treatment of Functional Mitral Regurgitation

SANG Zinan^{1,2}, ZHANG Fengwei²

(1. School of Graduate, Shandong First Medical University & Shandong Academy of Medical Sciences, Taian 271000, Shandong, China; 2. Department of Cardiac Surgery, Linyi People's Hospital, Linyi 276000, Shandong, China)

【Abstract】 Functional mitral regurgitation (FMR) is the mitral insufficiency that occurs without organic mitral valve disease and secondary to left ventricular remodeling and dysfunction. It is usually complicated with the ischemic/nonischemic cardiomyopathy and heart failure, which often be associated with a worse prognosis. Compared to degenerative mitral regurgitation, the benefits of surgery to FMR are uncertain. The Cardioband system is the first percutaneous mitral valve annuloplasty device to achieve surgical result. This device can accurately fix the special annuloplasty band to mitral annulus and efficiently reduce annular dimensions and regurgitant volume. It has demonstrated safety and efficiency in high-risk patients with FMR, but the applicable standard and long-term prognosis still need to be explored by more coherent clinical trial.

【Key words】 Cardioband system; Functional mitral regurgitation; Percutaneous mitral annuloplasty

功能性二尖瓣反流(functional mitral regurgitation, FMR)是指由于左室局部或整体发生重塑,引起二尖瓣环扩张或乳头肌移位,导致无器质性病变的二尖瓣在左室收缩期发生闭合不全,血液反流至左房内的现象^[1],其治疗方式主要包括药物、心脏再同步化以及外科手术^[2]。由于其大多继发于左室功能衰竭,且合并症较多,手术风险高,有 50%~70% 的高危 FMR 患者难以耐受外科手术^[3]。随着介入医学的发展,经导管二尖瓣修复术(transcatheter mitral valve repair, TMVR)逐渐成为可供选择的的治疗方法之一^[4],其中 Cardioband 系统是当前唯一能经皮置入二尖瓣成形环的装置,现对其在治疗 FMR 方面的研究进展进行综述。

1 FMR 的治疗现状

FMR 大多继发于左室功能不全,常表现为射血分数降低性心力衰竭,因此血管紧张素转化酶抑制剂、 β 受体阻滞剂以及醛固酮拮抗剂等心力衰竭指南导向的药物治疗(guideline-directed medical therapy, GDMT)常作为 FMR 患者的一线用药,但药物治疗主要目的是改善心衰症状,并在一定程度上逆转心室重塑,尚无足够的证据表明其能有效降低二尖瓣反流(mitral regurgitation, MR)^[2,5]。而心脏再同步化可通过改善乳头肌和周围心肌收缩的同步性来增加二尖瓣的闭合力,降低 MR、增加心输出量,可帮助合并左束支传导阻滞(QRS>130 ms)和/或射血分数降低性心力衰竭

基金项目:临沂市人民医院研究生培养基金项目(YJS2020023)

通信作者:张凤伟, E-mail: zfw@126.com

的 FMR 患者渡过危险期,争取手术机会^[6]。

FMR 的外科治疗方法主要包括二尖瓣置换术和二尖瓣成形术。与二尖瓣置换术相比,FMR 患者行二尖瓣成形术更加安全,具有更低的围术期并发症及死亡率,但 MR 复发可能性较高^[1,7]。对于 FMR 患者,外科手术是否有益于治疗原发病(如逆转心室重塑),提高生存率及改善生活质量仍存在争议^[1,7,8];而一旦出现终末期心力衰竭,则只能依靠心脏移植或植入左室辅助装置延续生命。

随着 TMVR 技术的日益成熟,越来越多的 MR 患者可能从中获益。目前,经导管二尖瓣夹合系统(MitraClip)已较为广泛地应用于临床并表现出一定的优越性。MitraClip 只是通过夹闭二尖瓣前后瓣叶游离缘从而直观地减少 MR,对瓣叶活动及瓣环扩张并无实质性的改善^[6],而 FMR 过度扩张的瓣环和乳头肌移位还会进一步增加吻合缘张力,影响其耐久性。尽管 MITRA-FR 研究中 MitraClip 治疗 FMR 患者的安全性和有效性已得到证实,但在减少主要临床终点(全因死亡率和计划外再入院率)方面,与 GDMT 相比并未表现出明显获益^[9]。因此,MitraClip 可能更适用于原发性/退行性 MR(Carpentier IIIa 型),而对于缺血性心肌病、扩张型心肌病和左室功能不全引起左室及瓣环严重扩张、瓣叶接合长度不足的 FMR(Carpentier I/IIIb 型)的远期生存获益仍存在争议^[4,9]。

经导管人工腱索植入技术也是近年来新兴的 TMVR 技术之一,主要是基于外科人工腱索植入的原理,经心尖或股静脉-房间隔途径将人工腱索送至左室,两端分别连接病变二尖瓣瓣叶和心肌,通过调节其长度以改善瓣叶脱垂和 MR,其中最具代表性的是 Neochord DS-1000 和 Harpoon TSD-5,早期临床试验结果均较为满意^[10]。相比 MitraClip,这一技术的应用更为局限,可能仅适用于腱索冗长、断裂等原因导致瓣叶脱垂、活动过度的退行性 MR(Carpentier II 型),未来或可配合其他 TMVR 技术进行复合治疗。

2 应用 Cardioband 系统治疗 FMR

2.1 Cardioband 系统的技术原理

Cardioband 系统主要由成形环输送系统、锚钉驱动装置和尺寸调节装置三部分组成。其中成形环部分由聚酯纤维套管、可调节内芯和不锈钢锚钉三部分构成:聚酯纤维套管通过多个不锈钢锚钉由内向外逐个连续固定,可调节内芯嵌入套管内部,在成形环完全展开后,可通过尺寸调节装置实现均匀的环形收紧^[11]。

经皮 Cardioband 成形环置入手术步骤主要包括:(1)经股静脉穿刺并置入导丝,在 X 线及经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)的引导

下到达房间隔右房面后,沿导丝送入穿刺长鞘及穿刺针,穿过卵圆窝将导丝送入左心房后撤出穿刺针,仅保留导丝。(2)沿导丝将输送鞘送至左心房后,送入成形环输送系统并将成形环前端导航至二尖瓣前后瓣叶交界处(一般选择左侧纤维三角),随后送入锚钉驱动装置,在输送系统导航下将锚钉逐一送至指定位置,并通过扭矩传递使锚钉发生旋转并由瓣环内部向外插入瓣环组织,完成固定,该步骤类似于外科手术中将成形环缝合固定至瓣环上。(3)在成形环完全展开并固定后,撤出输送系统,保留前端导丝,将尺寸调节装置沿之送入左房并与成形环内调节装置连接。通过旋转旋钮,可双向调整成形环直径,重塑瓣环形状,期间可通过 TEE 观察 MR 程度变化再做进一步的调整^[11]。

2.2 经皮 Cardioband 成形环置入术的适应证与患者选择

目前,Cardioband 系统并无明确的手术适应证,适用人群主要包括已采用了最佳治疗手段(包括 GDMT 和心脏再同步化等)但仍表现出明显症状,特别是外科手术风险较高和/或基本不能耐受手术治疗的高危 FMR 患者。所有拟接受 Cardioband 治疗的 FMR 患者术前均要求进行严格的解剖学和病理生理学评估,包括经胸超声心动图/TEE 和心脏计算机断层成像^[12-13],同时结合相关研究中患者的入选标准^[14-18]:MR 程度 $\geq 3+$;左室射血分数 $\geq 25\%$;左室舒张末期内径 ≤ 70 mm;二尖瓣环存在明显扩张,但周长应为 73~120 mm,同时测量舒张末期后瓣环的最大长度,以便能选择合适尺寸的成形环;瓣叶穹隆高度 ≤ 10 mm;瓣膜及瓣环组织钙化程度轻或无钙化;瓣环距邻近冠状动脉(左回旋支)的距离应 ≥ 2.5 mm,以便选择最佳的房间隔穿刺部位,避免在锚钉置入过程中引起周围冠状动脉的损伤。禁忌证主要包括:肺动脉收缩压 > 70 mm Hg(1 mm Hg=0.133 3 kPa);左室射血分数 $< 25\%$;左室舒张末期内径 > 70 mm;合并有活动性细菌性心内膜炎、严重的心脏器质性病变、腱索萎缩或先天性畸形、瓣膜组织缺失及严重钙化,特别是合并冠状动脉病变还需外科血运重建的患者;其次还包括对镍敏感以及不能耐受抗凝或抗血小板治疗的患者,并且不能选择对造影剂有严重过敏反应以及禁忌 TEE 检查的患者。

2.3 Cardioband 系统在高危患者治疗中的安全性与有效性

Cardioband 系统于 2013 年完成第一例人体试验^[16]。同时,Maisano 等^[11,17]针对 Cardioband 系统的安全性和有效性开展了首次(first-in-man, FIM)多中心临床试验并对早期研究结果进行了一系列的报道。其中一项研究^[17]自 2015 年 2 月连续纳入了 31 例高危 FMR 患者,所有患者均患有中-重度及以上程度的 MR(\geq

3+)且术后至少随访 1 个月;平均年龄(71.8 ± 6.9)岁,其中 26 例(84%)为男性;61%(19/31)的患者经胸超声心动图/TEE 表现为瓣叶活动受限(Carpentier IIIb 型),其余则表现为瓣环扩张(Carpentier I 型),所有患者均未见明显器质性二尖瓣病变,有效反流面积平均为(0.28 ± 0.11) cm^2 ;97%(30/31)的患者 NYHA 心功能分级为 III~IV 级,左室射血分数平均为 $34\% \pm 11\%$ 。手术成功率为 93.6%(29/31),术中 93%(27/29)的患者 MR 程度降至轻度甚至更低($\leq 1+$);在成形环收紧后,可观察到间隔-后壁直径平均减少 21.1%左右[(36.8 ± 4.8)~(29.0 ± 5.5)mm, $P < 0.0001$]。30 d 死亡率为 6.5%(经判定均与 Cardioband 系统本身无关)。随访至第 30 天时,仍有 88%(22/25)的患者 MR 程度 $\leq 2+$,且有效反流面积平均减少至(0.17 ± 0.13) cm^2 。

最近,Tabata 等^[4,18]公布了来自欧洲 11 个临床中心的 60 例接受 Cardioband 治疗的高危 FMR 患者术后 1 年的随访结果。入选患者平均年龄(72 ± 7)岁,其中 43 例(72%)为男性;合并缺血性心脏病、心房颤动及肾功能不全的患者分别占总体的 60%、77% 及 75%;其中 73% 患有重度 MR;Euro SCORE I 风险评分平均为 $18\% \pm 12\%$;87% 的患者 NYHA 心功能分级为 III~IV 级,13% 的患者为 I~II 级。截至出院时,有 65%(39/60)的患者 MR 程度降至轻度甚至更低($\leq 1+$),22%(13/60)的患者为中度 MR(2+)。随访至 6 个月时,患者的生活质量[MLWHFQ 评分平均从(39 ± 19)分降至(19 ± 14)分, $n = 41$, $P < 0.01$]和运动能力(6 分钟步行试验距离平均增加 57 m, $n = 38$, $P < 0.01$)均有明显改善;其中 40 例患者 MR 程度 $\leq 2+$,占总体和参与随访患者的 66%(40/60)和 93%(40/43);83%(35/42)的患者 NYHA 心功能分级为 I~II 级($P < 0.01$)。随访至 1 年后,患者的生活质量[MLWHFQ 评分平均从(39 ± 20)分降至(20 ± 18)分, $n = 39$, $P < 0.01$]和运动能力(6 分钟步行试验距离平均增加 58 m, $n = 32$, $P < 0.01$)仍保持较高水平,有 37 例患者 MR 程度 $\leq 2+$,占总体和参与随访患者的 61%(37/60)和 95%(37/39),同时 79%(33/42)的患者 NYHA 心功能分级为 I~II 级($P < 0.01$)。在为期 1 年的随访中,所有患者总生存率为 87%,无心力衰竭再入院率为 66%,无再次介入治疗率为 78%。

在这些研究中,Cardioband 系统展现出良好的安全性和有效性。同时这些研究也表明,Cardioband 系统能显著减少高危 FMR 患者的 MR 量并至少可维持至术后 12 个月,患者的临床症状显著改善。

2.4 经皮 Cardioband 成形环置入术的特点

相比于其他 TMVR 技术,Cardioband 系统具有其

独特的优越性:(1) Cardioband 成形环可分段完成固定,以保证能符合患者特定的二尖瓣环的几何形状;(2)手术采取了与直视下外科手术类似的经右心-房间隔路径,整个手术过程都是分步进行,并且具有可重复性和可逆性,从而提高了整个手术的安全性和可控性;(3)成形环固定后仍可在 TEE 的监测下,根据残余 MR 的程度进行调整(放松或收紧),以保证能安全、有效地降低 MR,并保留二尖瓣的瓣下解剖结构^[11]。由于 Cardioband 仅仅通过缩小瓣环尺寸来缓解 MR,因此理论上只适用于左室和瓣环异常扩张引起的 FMR(Carpentier I/IIIb 型),而对瓣叶和/或腱索损伤引起的原发性 MR(Carpentier II/IIIa 型)无效。

Tabata 等^[4,19]最近在一项多中心的倾向性评分匹配研究中,对 Cardioband 和 MitraClip 两种 TMVR 手术治疗 FMR 的临床疗效进行了比较,研究中收集了来自欧洲 5 个临床中心的 123 例接受 Cardioband 治疗的 FMR 患者及 455 例接受 MitraClip 治疗的 FMR 患者的临床资料,并通过倾向评分匹配分为 Cardioband 和 MitraClip 两组,每组各包含 93 例 FMR 患者,两组患者均具有较高的手术成功率(MR 程度 $\leq 2+$; Cardioband 组为 77%;MitraClip 组为 86%),二者间不具有显著性差异($P = 0.18$)。在术后为期 1 年的随访中,Cardioband 系统在缓解心力衰竭症状($\text{NYHA} \leq \text{II}$)方面较 MitraClip 系统可能更加优秀(88% vs 75%, $P = 0.046$),而且具有更低的再入院率($\text{OR } 0.57$, 95% $\text{CI } 0.28 \sim 0.97$, $P = 0.03$)和全因死亡率($\text{OR } 0.30$, 95% $\text{CI } 0.09 \sim 0.98$, $P = 0.032$)。

除 Cardioband 系统外,经导管二尖瓣成形技术还包括 Mitralign 系统与 Carillon 系统。Mitralign 是一种经股动脉二尖瓣环缩技术,其原理与 Cardioband 类似,也仅适用于瓣叶和腱索功能正常的 FMR 患者,但其手术路径与 Cardioband 不同,是经股动脉-左室途径进入左房,故手术风险较高,结合 FIM 研究^[20-21]结果显示其合并出血性并发症(8.4%)及心脏压塞(8.9%)的风险大大增加。Carillon 是一种间接二尖瓣成形技术,主要通过向冠状静脉窦内植入“C”形环,产生张力以环缩后瓣的瓣环,相对 Cardioband 心腔内操作少、侵入性小、安全性高且手术时间短^[20,22],但由于左回旋支常走行于冠状静脉窦和二尖瓣环之间(64%~80%)^[22],因此植入物不可避免地会压迫左回旋支,引起不同程度冠状动脉狭窄或损伤。

2.5 Cardioband 系统的并发症、局限性及面临的挑战

经皮置入 Cardioband 成形环手术时间相对较长,在 Messika-Zeitoun 等^[18]的研究中,60 例接受手术的患者总的手术时间和成形环置入时间平均为(201 ± 58)min

和(175±50)min,相较于 MitraClip 的平均置入时间,已由(145±51)min(2009 年)缩短至(55±39)min(2016 年)^[23],可见 Cardioband 手术需长时间侵入充盈、跳动的心脏内部(主要是左房)进行,且植入物多,操作繁琐,对血流动力学影响较大,增加了发生血栓栓塞及围术期卒中的风险,对于围术期抗凝治疗的管理提出了较高的要求。

瓣环周围组织损伤是二尖瓣外科手术最为常见的并发症。经皮置入 Cardioband 成形环的原理与之相似,通过一系列小的螺旋锚钉代替缝线,插入并固定于二尖瓣后瓣环上。相较于缝合,这种固定方式不可避免地会增加心肌损伤,同时由于左、右纤维三角分别与左冠状动脉、房室传导系统邻近,特别是左纤维三角处极为靠近左冠状动脉回旋支,更增加了锚定过程中损伤冠状动脉的风险。在 Messika-Zeitoun 等^[18]的研究中,尽管 60 例患者均接受了严格的术前评估,但仍有 2 例因锚钉置入而导致左冠状动脉闭塞/穿孔。同时,在 Sorini Dini 等^[24]的报道中,有 1 例患者在术后 26 h 出现莫氏 II 型(二度)房室传导阻滞,随后逐步进展为完全性房室传导阻滞。目前尚不能完全解释出现这种变化的原因,考虑可能是由于锚钉在置入过程中损伤了位于右纤维三角处的房室传导系统,而随着心脏舒缩过程中不断对其施加压力,最终导致了锚钉周围传导束的永久性损害。

锚钉脱落是 Cardioband 系统的严重并发症,也是现有文献报道中发生频率最高的并发症^[17-18,25-26]。在 Messika-Zeitoun 等^[18]的研究中,所纳入的 60 例患者中出现了 10 例不同程度的锚钉脱落,其中 5 例最终引起成形环的功能障碍。报道的锚钉脱落大多发生在术后早期(30 d 内)。这种并发症会严重影响成形环的稳定性,导致其功能障碍以及严重的复发性 MR,并且可能还与术后成形环的移位以及血管内容血等其他并发症的发生有关,严重者还会出现成形环扭曲、开裂、瓣环撕裂以及心源性休克等^[26]。在 Maisano 等^[17]的研究中,所纳入的 31 例患者中有 2 例术后复发性 MR,且均被证实与锚钉脱落有关。事实上,Cardioband 系统这种特殊的固定方式其本身就存在诸多不确定因素:锚钉置入不够准确、充分,二尖瓣环过度扩张、变形、钙化以及成形环过度牵张等都被认为是导致锚钉脱落和成形环开裂的潜在危险因素。由于锚钉的传递、定位和固定是在套管内部完成,因此即便发生脱落,它们也将保留在套管内部,理论上并不存在锚钉脱落或栓塞的风险^[22]。

任何创新性的技术,在应用早期往往都伴随着很多不确定性和不稳定因素,随着临床经验的积累和学习曲线的上升,无论是手术时长、成功率还是预后都会有

明显的改善。事实上, Messika-Zeitoun 等^[18]的研究中所出现的 10 例锚钉脱落中有 9 例是在最初的 28 例患者中,而在之后的半数患者中出现 1 例。因此,单纯地将现阶段 Cardioband 系统所面临的局限性视为其发展的桎梏既不客观,也不严谨,更不科学。

3 总结

Cardioband 系统能通过介入的方式将成形环准确固定于二尖瓣环处,是第一个真正意义上达到了外科手术效果的 TMVR 设备^[27]。该技术能显著降低 MR,改善 FMR 患者的血流动力学,对二尖瓣环尺寸和左室重塑的矫正也更为持久。尽管目前仍处于临床试验阶段,但多项研究已证明 Cardioband 系统在高危 FMR 患者治疗中的安全性和有效性,对心力衰竭症状及预后都有明确的改善作用。任何创新性的技术,在应用早期往往都伴随着很多不确定性和不稳定因素,其适用人群和远期疗效还需通过更多相关的临床试验进一步明确。与经皮冠状动脉介入、经导管主动脉瓣介入及 MitraClip 等技术相比,Cardioband 系统的设计还有很大的进步空间,相信在不久的将来,随着对 Cardioband 系统的临床研究不断深入,越来越多的 FMR 患者能从中获益。

参考文献

- [1] Asgar AW, Mack MJ, Stone GW. Secondary mitral regurgitation in heart failure: pathophysiology, prognosis, and therapeutic considerations [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2015, 65(12):1231-1248.
- [2] Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC [J]. *Eur Heart J*, 2016, 37(27):2129-2200.
- [3] Yucel E, Santana O, Escobar E, et al. Cardioband for the treatment of secondary mitral regurgitation: a viable percutaneous option? [J]. *J Thorac Dis*, 2017, 9(suppl 7):665-667.
- [4] Tabata N, Sugiura A, Tsujita K, et al. Percutaneous interventions for mitral and tricuspid heart valve diseases [J]. *Cardiovasc Interv Ther*, 2020, 35(1):62-71.
- [5] Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, et al. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease [J]. *Eur Heart J*, 2017, 38(36):2739-2791.
- [6] Lavall D, Hagendorff A, Schirmer SH, et al. Mitral valve interventions in heart failure [J]. *ESC Heart Fail*, 2018, 5(4):552-561.
- [7] Shah T, Zhong M, Minutello RM. Functional mitral regurgitation in heart failure [J]. *Cardiol Rev*, 2019, 27(6):327-336.
- [8] Goldstein D, Gelijns AC, Moskowitz AJ. Surgery for severe ischemic mitral regurgitation [J]. *N Engl J Med*, 2016, 374(20):1992-1993.
- [9] Obadia JF, Messika-Zeitoun D, Leurent G, et al. Percutaneous repair or medical treatment for secondary mitral regurgitation [J]. *N Engl J Med*, 2018, 379(24):2297-2306.
- [10] Savic V, Pozzoli A, Gülmez G, et al. Transcatheter mitral valve chord repair [J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2018, 7(6):731-740.

(下转第 1060 页)

- coronary syndromes patients with left circumflex culprit lesions [J]. *Int J Cardiol*, 2016, 203:708-713.
- [20] Sohrabi B, Separham A, Madadi R, et al. Difference between outcome of left circumflex artery and right coronary artery related acute inferior wall myocardial infarction in patients undergoing adjunctive angioplasty after fibrinolysis [J]. *J Cardiovasc Thorac Res*, 2014, 6(2):101-104.
- [21] Martin TN, Groenning BA, Murray HM, et al. ST-segment deviation analysis of the admission 12-lead electrocardiogram as an aid to early diagnosis of acute myocardial infarction with a cardiac magnetic resonance imaging gold standard [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2007, 50(11):1021-1028.
- [22] Roffi M, Patrono C, Collet JP, et al. 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: Task Force for the Management of Acute Coronary Syndromes in Patients Presenting without Persistent ST-Segment Elevation of the European Society of Cardiology (ESC) [J]. *Eur Heart J*, 2016, 37(3):267-315.
- [23] 吕俊兴, 许海燕. 急性冠脉综合征危险评分的研究进展 [J]. *心血管病学进展*, 2019, 40(9):1224-1228.
- [24] Shah A, Wagner GS, Green CL, et al. Electrocardiographic differentiation of the ST-segment depression of acute myocardial injury due to the left circumflex artery occlusion from that of myocardial ischemia of nonocclusive etiologies [J]. *Am J Cardiol*, 1997, 80(4):512-513.
- [25] Kanemoto N, Wang Y, Fukushi H, et al. Electrocardiographic characteristics of patients with left circumflex-related myocardial infarction in the acute phase without tented T waves or definite ST elevation [J]. *J Cardiol*, 1995, 26(3):149-158.
- [26] Rovai D, Gimelli A, Coceani M, et al. T wave abnormalities identify patients with previous lateral wall myocardial infarction and circumflex artery disease [J]. *J Electrocardiol*, 2016, 49(2):216-222.
- [27] Niu T, Fu P, Jia C, et al. The delayed activation wave in non-ST-elevation myocardial infarction [J]. *Int J Cardiol*, 2013, 162(2):107-111.
- [28] Yang T, Chen J, Liu X, et al. Non-ST-elevated myocardial infarction with “N” wave on electrocardiogram and culprit vessel in left circumflex has a risk equivalent to ST-elevated myocardial infarction [J]. *Clin Cardiol*, 2020, 43(5):491-499.
- [29] Brady WJ, Erling B, Pollack M, et al. Electrocardiographic manifestations: acute posterior wall myocardial infarction [J]. *J Emerg Med*, 2001, 20(4):391-401.
- [30] Vives-Borràs M, Moustafa AH, Álvarez-García J, et al. Clinical and prognostic value of the electrocardiogram in patients with acute occlusion of the left circumflex coronary artery [J]. *Am J Cardiol*, 2017, 120(9):1487-1494.
- [31] 洪衡, 杨光, 王明生. 梗死相关动脉完全闭塞的急性非 ST 段抬高型心肌梗死患者的临床特点 [J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2011, 13(8):701-703.
- [32] Bahrmann P, Rach J, Desch S, et al. Incidence and distribution of occluded culprit arteries and impact of coronary collaterals on outcome in patients with non-ST-segment elevation myocardial infarction and early invasive treatment strategy [J]. *Clin Res Cardiol*, 2011, 100(5):457-467.

收稿时间:2020-03-04

(上接第 1052 页)

- [11] Maisano F, Taramasso M. The Cardioband transcatheter direct mitral valve annuloplasty system [J]. *EuroIntervention*, 2015, 11(suppl W):W58-W59.
- [12] Miller M, Thourani VH, Whisenant B. The Cardioband transcatheter annular reduction system [J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2018, 7(6):741-747.
- [13] Khaliq OK, Hahn RT. Percutaneous mitral valve repair: multi-modality cardiac imaging for patient selection and intra-procedural guidance [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2019, 6:142.
- [14] Ferrero Guadagnoli A, de Carlo C, Maisano F, et al. Cardioband system as a treatment for functional mitral regurgitation [J]. *Expert Rev Med Devices*, 2018, 15(6):415-421.
- [15] Nickenig G, Hammerstingl C, Schueler R, et al. Transcatheter mitral annuloplasty in chronic functional mitral regurgitation: 6-month results with the Cardioband percutaneous mitral repair system [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016, 9(19):2039-2047.
- [16] Maisano F, la Canna G, Latib A, et al. First-in-man transeptal implantation of a “surgical-like” mitral valve annuloplasty device for functional mitral regurgitation [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2014, 7(11):1326-1328.
- [17] Maisano F, Taramasso M, Nickenig G, et al. Cardioband, a transcatheter surgical-like direct mitral valve annuloplasty system; early results of the feasibility trial [J]. *Eur Heart J*, 2016, 37(10):817-825.
- [18] Messika-Zeitoun D, Nickenig G, Latib A, et al. Transcatheter mitral valve repair for functional mitral regurgitation using the Cardioband system: 1 year outcomes [J]. *Eur Heart J*, 2019, 40(5):466-472.
- [19] Weber M, Öztürk C, Taramasso M, et al. Leaflet edge-to-edge treatment versus direct annuloplasty in patients with functional mitral regurgitation [J]. *EuroIntervention*, 2019, 15(10):912-918.
- [20] 潘文志, 周达新, 葛均波. 经导管二尖瓣反流治疗最新进展 2018 [J]. *中国医学前沿杂志(电子版)*, 2018, 10(1):1-5.
- [21] Nickenig G, Schueler R, Dager A, et al. Treatment of chronic functional mitral valve regurgitation with a percutaneous annuloplasty system [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 67(25):2927-2936.
- [22] Gheorghe L, Ielasi A, Rensing BJWM, et al. Complications following percutaneous mitral valve repair [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2019, 6:146.
- [23] Rahhab Z, Kortlandt FA, Velu JF, et al. Current MitraClip experience, safety and feasibility in the Netherlands [J]. *Neth Heart J*, 2017, 25(6):394-400.
- [24] Sorini Dini C, Landi D, Meucci F, et al. Unexpected delayed complete atrioventricular block after Cardioband implantation [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2018, 92(6):1201-1204.
- [25] Carrel T, Eberle B, Pasic M. Cardioband to treat functional mitral regurgitation: a word of caution [J]. *Eur Heart J*, 2019, 40(5):490.
- [26] Eschenbach LK, Prinzing A, Herold U, et al. Surgical explantation of a dehiscence Cardioband [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2019, 12(9):79-80.
- [27] Maisano F, Taramasso M, Guidotti A, et al. The Cardioband: strategies for optimal patient selection and optimised results [J]. *EuroIntervention*, 2016, 12(Y):Y61-Y63.

收稿时间:2020-04-08