

二尖瓣环钙化临床研究及外科治疗进展

丁长柏¹ 王健² 游昕¹

(1. 徐州医科大学附属邳州医院/邳州市人民医院心脏大血管外科, 江苏 徐州 221300; 2. 徐州医科大学附属邳州医院/邳州市人民医院胸外科, 江苏 徐州 221300)

【摘要】 二尖瓣环钙化是临床上老年人比较多见的心脏退行性疾病,其发生原因和发病机制尚未完全清楚,治疗策略也未形成共识。当二尖瓣环钙化导致二尖瓣功能不全时,常需手术干预,但手术死亡率高,严重并发症多。干预方法主要包括外科手术、介入治疗和杂交手术治疗等。现对这些方法进行归类总结,并对其主要适应证、关键步骤、治疗效果及新技术进展进行综述。

【关键词】 二尖瓣环钙化;外科治疗;介入治疗;杂交手术

【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2024.07.015

Clinical Research and Surgical Treatment of Mitral Annular Calcification

DING Changbai¹, WANG Jian², YOU Xin¹

(1. Department of Cardiovascular Surgery, The People's Hospital of Pizhou, Xuzhou 221300, Jiangsu, China; 2. Department of Thoracic Surgery, The People's Hospital of Pizhou, Xuzhou 221300, Jiangsu, China)

【Abstract】 Mitral annular calcification is a clinically common degenerative heart disease in elderly persons, and its cause and pathogenesis are still not completely clear, and there is also no consensus on the therapeutic strategy. When mitral annular calcification causes mitral valve dysfunction, surgical intervention is often required, but surgical mortality rate and serious complications are high. The intervention methods include surgical treatment, interventional therapy, and hybrid surgery. This paper classifies and summarizes these methods, and reviews the main indications, key steps, treatment effects, and the progress of new technologies.

【Keywords】 Mitral annular calcification; Surgical treatment; Interventional therapy; Hybrid surgery

二尖瓣环钙化(mitral annular calcification, MAC)是老年人较多见的心脏退行性疾病^[1]。在一个多世纪前 MAC 就在尸检中被发现;1946 年 Rytand 等注意到了“二尖瓣纤维环钙化”的临床意义;1962 年《新英格兰医学杂志》发表社论指出,MAC“是一种临床重要疾病”;20 世纪 90 年代,瓣膜外科大师 Carpentier 对 MAC 的病理解剖和外科术式进行分类、总结,促进了 MAC 外科治疗的快速发展^[1]。近年国外对 MAC 的研究颇多,现通过综述文献探讨 MAC 的临床特点,着重介绍外科治疗方法。

1 定义、病因和病理学

MAC 的定义是钙在二尖瓣环积累,钙化多发生在二尖瓣环后部,随着程度加重可延伸到二尖瓣环前部或后瓣叶,甚至累及全环、腱索、乳头肌和房室壁。MAC 病因尚不明确,很可能是多因素致病。MAC 的病理生理学机制也不完全清楚,最初认为是局部、慢性、年龄相关的组织变性导致钙和磷酸盐的被动沉

积,现在则认为是与损伤、脂质代谢、血流动力学应激、慢性肾脏病、骨和矿物质代谢以及炎症有关的主动分子调节过程^[2]。

MAC 大多不影响二尖瓣功能,但严重的 MAC 可能导致二尖瓣功能不全(mitral valve dysfunction, MVD)。有手术病例资料^[2]显示,MAC 相关的二尖瓣反流(mitral regurgitation, MR)、二尖瓣狭窄(mitral stenosis, MS)和 MR/MS 混合性病变三者占比分别约为 26%、33% 和 31%。Nishimura 等^[3]认为,MAC 累及二尖瓣环周长的一半以上或已侵入左心室流出道时,可认为是严重的 MAC。

2 流行病学和自然病史

临床上 MAC 的患病率为 5%~42%,具体取决于所使用的影像学检查方法、所研究人群年龄和性别以及相关危险因素的程度^[4]。MAC 的危险因素包括高龄、女性、糖尿病、肥胖、吸烟、高血压、胸部放射治疗、血脂异常和肾功能不全,特别与高龄和肾功能不全相

关^[5]。女性 MAC 发生率高于男性、发病年龄高于男性,但生存率好于男性^[6]。MAC 患者的预后涉及临床两个方面:(1)MAC 本身与心血管不良事件和全因死亡率密切相关^[4];(2)MAC 所致 MVD 自然结局很差。有资料^[2]显示,二尖瓣跨瓣压差 $> 10 \text{ mm Hg}$ ($1 \text{ mm Hg} = 0.133 3 \text{ kPa}$)的 MAC-MS 患者 1 年生存率 $< 70\%$, 5 年生存率为 25% 。

3 诊断、分型和评估

MAC 的诊断并不困难,多种影像学检查都能发现房室沟处异常影像。重要的是,在明确诊断后,需作两个关键性的评估:(1)MAC 的解剖范围、大小和形态;(2)MAC 对二尖瓣瓣膜功能的影响。

超声心动图是确定 MAC-MVD 类型、程度和评估血流动力学的首选方法。经食管超声心动图、三维超声成像可克服经胸超声心动图在 MAC 可视化、MR 程度判断、二尖瓣面积测量等方面的一些局限性^[2]。非增强心脏 CT 在 MAC 形态评估方面优于超声心动图,最典型的方法是使用多平面重建来创建二尖瓣环的短轴视图,结合三维后处理分析,是目前评估 MAC 的位置、分布、范围和定量的最佳成像技术,是干预计划和术前评估的核心^[7]。心脏磁共振成像不太适合钙化结构的显示与判断,必要时可作为 MAC-MR 严重程度的辅助评估。发展多模态成像技术和平台,整合上述不同的成像技术,可能会提高诊断和评估水平^[8]。

目前尚无被普遍接受的 MAC 严重程度的定义或分类系统。有作者根据超声测量 MAC 病变长度占瓣环全长的比例,粗略地将 MAC 病变分为轻度 ($< 1/3$)、中度 ($1/3 \sim 1/2$) 和重度 ($> 1/2$)^[9]。Alexis 等^[10]根据 CT 扫描二尖瓣环短轴上的钙化形态及角度,将 MAC 分为两型:Type 1 型(部分型)指瓣环钙化角度 $< 270^\circ$, Type 2 型(马蹄型)指瓣环钙化角度 $\geq 270^\circ$ 。Type 2 型根据无/有左心室流出道梗阻再分为低危(A)/高危(B)型。该分型对选择干预方案有一定指导作用,如 Type 1 型适合开放手术;Type 2 型由于 MAC 过多,不适合开放手术;Type 2A 型有足够的 MAC 来锚定经导管瓣膜,且发生左心室流出道梗阻的风险较低,因此 Type 2A 型主要接受经皮导管手术,而 Type 2B 型因有左心室流出道梗阻风险而直接接受经心房杂交手术。

4 治疗

4.1 非手术治疗

无临床症状的 MAC 一般无需治疗。MAC-MVD 的药物基石仍是利尿剂。存在明显的流入、流出道梗阻者,则需控制心率以优化舒张期充盈时间^[2]。

4.2 手术治疗

4.2.1 手术目的和思路

一般认为,MAC 只在有明显的瓣膜功能障碍时才需手术治疗。由于对 MAC 的临床研究尚不充分,现并未对其手术指征和治疗策略形成共识,如何判断哪些患者能从哪些干预中获益仍是个难题。如 Reddy 等^[11]认为,MAC-MS 普遍存在较高的二尖瓣跨瓣压差,但并不意味着都有严重的二尖瓣器质性梗阻,压差高主要是左心房顺应性差和左心室舒张功能障碍所致。这部分患者即使手术解决了房室水平的梗阻,可能手术后症状缓解并不明显。因此,《2020 ACC/AHA 心脏瓣膜病管理指南》^[12]就指出,除非症状非常明显,一般不建议 MAC-MS 患者行手术治疗。

体外循环下开放性的二尖瓣修复或置换术通常被认为是具有确定适应证的 MAC“金标准”治疗^[7]。然而开放手术带来的致命性并发症风险,如心脏破裂、冠状动脉损伤、瓣周漏及严重房室传导阻滞等,对外科医生是严峻挑战。在遵循“最大化提高手术质量,最小化并发症风险”的原则下,经导管二尖瓣置换术(transcatheter mitral valve replacement, TMVR)发展成为不适合常规开放手术的严重 MAC 患者的替代治疗方法^[13]。

4.2.2 开放性手术

开放性手术在处理 MAC 时有两种策略:二尖瓣环脱钙或不脱钙;每种策略之下又有二尖瓣成形术或二尖瓣置换术(mitral valve replacement, MVR)两种方法。

4.2.2.1 脱钙处理:脱钙的主要优点是可更好地重塑二尖瓣环,有利于成功地修复瓣膜,或利于植入大小合适的瓣膜。Carpentier 等^[1]报道了 68 例 MAC-MVD 患者手术治疗经验及随访结果,围手术期死亡率为 2.9% , 7 年实际生存率为 93.0% 。其技术特点有:(1)强调完全、整块二尖瓣环脱钙;(2)用独特的纵向“sliding 心房”技术和横向“sliding 瓣叶”技术修复并重建二尖瓣环;(3)极高的瓣膜修复率。Tomsic 等^[14]按 Carpentier 方法治疗严重 MAC 患者 75 例,与同期非 MAC 组比较,早期死亡率(4%)两组相当;随访 7 年,未观察到两组间有总生存率或晚期再干预率的差异。作者认为,二尖瓣退行性疾病合并 MAC 的最佳手术策略就是二尖瓣环完全脱钙后二尖瓣成形术。

脱钙的一些创新技术介绍:Naito 等^[15]应用机器人辅助处理 MAC 取得良好结果,认为机器人的可视化效果和良好的暴露有利于对 MAC 的精确解剖,采用电切法可完全切除 MAC;Brescia 等^[16]在术中使用超声乳化/抽吸技术辅助脱钙,认为可减少卒中和死亡率;

Numaguchi 等^[17] 在高危 MAC 患者 MVR 后早期使用主动脉内球囊反搏以降低心脏后负荷, 认为可减少心脏破裂的发生。

4.2.2.2 不脱钙处理: 不脱钙的主要优点是缩短手术时间及体外循环时间, 减少心室破裂等严重并发症, 但瓣周漏、人工瓣膜-患者不匹配等并发症可能增多。Salhiyyah 等^[18] 回顾性总结 61 例严重 MAC 不脱钙 MVR 患者, 院内死亡率为 4.9%, 有 16% 植入永久性起搏器, 1 年生存率为 93.3%, 5 年生存率为 78.8%。作者认为手术中不脱钙更为安全, MVR 较二尖瓣成形术更为实用, 其技术缺点在于对永久性起搏器需求高于预期。

不脱钙的一些创新技术介绍: Rahmouni 等^[19] 使用了独特的“解剖外缝合”技术处理换瓣缝线, 重度 MAC-MVR 围手术期死亡率为 3.0%; Morishita 等^[20] 介绍的“领状加固”与 Ma 等^[21] 介绍的“烟囱技术”原理相似: 在人工二尖瓣缝合环之外套上并固定一个牛心包环或一段人造血管, 制成的复合瓣膜一部分被固定在无明显钙化的二尖瓣环上, 另一部分复合瓣膜上的牛心包环或人造血管被缝合固定于瓣环上方或心房壁上, 避开了严重的钙化组织, 确保人工瓣膜功能并减少瓣周漏。

不脱钙二尖瓣成形术比较困难。部分作者认为, 严重 MAC 即为“天然人工环”, 在未来很少再扩大, 故利用 MAC 尝试“无环成形”取得良好近期效果, 认为此技术是一个次优技术和用于高危老年患者的另一种替代方法^[22]。

4.2.2.3 部分脱钙处理: 由于完全脱钙与完全不脱钙都有诸多问题难以解决, 现多数作者提倡“部分脱钙, 保守清创”^[23-24]。

“UFO”procedure 介绍: 如果 MAC 极重已无法植入所需大小型号的人工瓣, 或主动脉瓣环和二尖瓣环同时严重钙化, 或 MAC 已影响主动脉瓣功能需做双瓣替换, 可考虑行“UFO”procedure^[24]。其手术核心步骤包括替换二尖瓣和主动脉瓣, 并用心包片重建瓣膜间纤维体, 对 MAC 只做必要的部分切除。该术式修复难度大且具较高风险, 应由经验丰富的外科医生完成。

4.2.3 经导管手术

经导管手术也有二尖瓣成形术和 MVR 两种方法。经导管二尖瓣成形术根据技术原理可分为 3 类: (1) 二尖瓣缘对缘修复术 (transcatheter edge-to-edge mitral repair, TEER); (2) 二尖瓣环成形术; (3) 人工腱索植入术。对于 MAC, 除 TEER 外其他技术很少可用。TMVR 根据手术入路可分为 3 类: (1) 经皮经房间

隔; (2) 经心尖; (3) 经心房。由于经心房入路需体外循环下直视进行, 常被归类于“杂交手术”。

4.2.3.1 TEER: 由于 MAC 的解剖结构原因, 曾被认为不适合 TEER。Cheng 等^[25] 回顾分析了不同程度 MAC 对 TEER 结果的影响, 在 173 例接受 MitraClip 装置的 TEER 患者中, 中/重度 MAC 组与无/轻度 MAC 组比较, 手术死亡率、术后 MR 的下降程度无差异; 随访 1 年后 MR 的严重程度、心脏功能、血流动力学、肺动脉压下降程度、左心室内径等均无差异。其初步结论是, MAC 程度与 TEER 手术成功率、全因死亡率或修复耐久性无关。最近发表的几项回顾性研究^[26-27] 也有类似结果, 均认为 TEER 治疗 MAC-MR 安全及可行。

4.2.3.2 TMVR: 利用二尖瓣环的钙化环作为锚定区植入支架型瓣膜 (valve-in-MAC, ViMAC) 是 TMVR 的基本设想, 现绝大多数使用的是经导管主动脉瓣置换用的球扩瓣。2018 年 Guerrero 等^[28] 发布了全球多中心注册回顾性临床研究结果, 严重 MAC 患者 TMVR 后 30 d 和 1 年的全因死亡率分别为 25.0% 和 53.7%, 但作者分析后认为患者仍是获益的。2021 年 Guerrero 等^[29] 又公布了第一个 ViMAC 多中心前瞻性研究结果, 31 例严重 MAC-MVD 患者的平均年龄为 74 岁, 美国胸外科协会评分为 6.3%。研究结果显示 3 种手术入路 TMVR 的总技术成功率为 74.2%, 30 d 全因死亡率为 16.7%, 1 年全因死亡率为 34.5%。结论是经房间隔 TMVR 治疗的患者 30 d 死亡率低于美国胸外科协会评分的预测。

2022 年 Gössl 等^[30] 发布了最新型 TMVR 专用的自膨瓣 (Tendyne 系统) ViMAC 手术的早期结果, 最初 20 例全部技术成功, 无住院死亡, 随访的 30 d 内和第 1 年内全因死亡率分别为 5% 和 40%, 1 年内 MR 无复发, 亦无人工瓣膜功能障碍, 作者对中早期结果非常满意。

4.2.4 杂交手术

TMVR 虽避免了开放手术的部分风险, 但左心室流出道梗阻、瓣周漏、卒中这三大难题并未完全解决, 提高疗效还需采用“杂交”方法。Alexis 等^[13] 系统分析、对比各种术式的近、远期效果后, 认为经心房 TMVR 是高危患者有前途的开放手术替代方案。迄今为止最大的多中心注册评估经心房 ViMAC 的临床结果来自美国和欧洲 12 个中心, 技术成功率为 94.4%, 从病理类型分组看, MAC-MR 对 ViMAC 的获益可能少于 MAC-MS^[31]。

Smith 等^[32] 总结了 51 例正中切口或微创切口经

心房 ViMAC 的手术经验,认为术中常规切除二尖瓣前瓣,并对有左心室流出道梗阻高风险者行室间隔肌切除术,可有效减少左心室流出道梗阻发生。Lamelas 等^[33]报道了 16 例广泛 MAC 患者在胸腔镜下微创切口经心房 ViMAC 的早期疗效:30 d 死亡率为 12.5%,1 年死亡率为 36.2%。作者认为杂交技术的两个优势有利于减轻瓣周漏发生,可在人工瓣膜的缝环外加毡片,直视下能使球囊充分膨胀,使倒置的人工主动脉瓣更好地适配二尖瓣环。对于病情不适合行开放手术,又因 MAC 不完全,考虑锚定区不足不宜行 TMVR 的患者,Gerçek 等^[34]对钙化不完全的二尖瓣环软组织用带垫片线缝合加固,使钙化灶与垫片一起形成闭合环,成为 TMVR 瓣膜的锚定点。作者认为这是 ViMAC 杂交术式简单且可重复的新技术。

4.2.5 旁路手术

在 MAC 极其严重的情况下,旷置二尖瓣,在左心房与左心室之间另作旁路,不失为一种新颖思路。Lopez-Rodriguez 等^[35]报道体外循环下心脏不停跳动行左心耳-左心室的带瓣管道植入,成功治疗 MAC-MS。目前此术式尚无长期证据表明管道的可靠性和中远期术后结果^[36]。

5 特殊 MAC 的处理

5.1 MAC 合并感染性心内膜炎

Pressman 等^[37]回顾性分析了改良 Duke 标准确认的感染性心内膜炎患者 56 例,超声确认有 61% 伴 MAC,这其中有 65% 的赘生物位于 MAC 灶上,部分为 MAC 旁脓肿,故认为 MAC 是感染性心内膜炎的病灶来源。Kumar 等^[38]的系统回顾表明,MAC 患者感染性心内膜炎的发生率比非 MAC 患者高 3 倍。几乎所有的 MAC 合并感染性心内膜炎的报道^[38-39]都证实金黄色葡萄球菌是最常见的病原体。MAC 合并感染性心内膜炎预后较差,Horibe 等^[39]报道感染性心内膜炎合并 MAC-MR 患者接受手术的死亡率为 29%。因此早期诊断和及时手术对 MAC 合并感染性心内膜炎患者至关重要,手术中应尽可能切除感染的瓣叶和 MAC,防止感染复发。

5.2 干酪样 MAC

干酪样 MAC 是一种罕见的 MAC 液化性变体,其内容物是由钙、脂肪酸和胆固醇等组成的膏状混合物。易被误认为是心脏肿瘤或脓肿,无创多模态成像有助于明确诊断^[40]。干酪样 MAC 可自发缩小甚至消失,较少引起显著瓣膜功能障碍。对其正确认识可避免不必要的干预。当有以下情况时考虑手术治疗:出现严重 MVD、出现栓塞并发症、诊断不肯定^[41]。

6 小结与展望

迄今 MAC 仍是一种未被完全了解的疾病。在人口老龄化日益加重的背景下,加强对 MAC 的研究具有实际而迫切的意义。通过对 MAC 病因及发病机制的研究,期望可在有效预防 MAC 或靶向药物阻止 MAC 进一步生成方面取得进展。对于各种临床干预方法,期待开展更多的多中心、前瞻性、中长期随访研究,并将成果用于指导临床,使 MAC 诊疗更加合理与规范。对于 MAC-MVD,外科手术仍是首选的治疗方法,但具有极大的挑战性。对因高龄、衰弱、合并症等原因不能耐受外科治疗者,可从经导管治疗中获益,TMVR 正在成为 MAC 的一种新的治疗模式。杂交手术兼有开放手术和经导管手术的优点,已成为特定患者中有前途的替代方案。MAC 手术治疗寄希望于未来外科技术的进步和新型器械的不断研发及应用。良好的疗效还有赖于多学科团队(心血管内外科、介入科、影像科、老年科和麻醉科等)的密切合作^[2]。

参考文献

- [1] Carpentier AF, Pellerin M, Fuzellier JF, et al. Extensive calcification of the mitral valve annulus: pathology and surgical management [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1996, 111(4): 718-729.
- [2] Churchill TW, Yucel E, Deferm S, et al. Mitral valve dysfunction in patients with annular calcification: JACC review topic of the week [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 80(7): 739-751.
- [3] Nishimura RA, Vahanian A, Eleid MF, et al. Mitral valve disease—Current management and future challenges [J]. *Lancet*, 2016, 387(10025): 1324-1334.
- [4] Massera D, Kizer JR, Dweck MR. Mechanisms of mitral annular calcification [J]. *Trends Cardiovasc Med*, 2020, 30(5): 289-295.
- [5] Rasmussen JH, Fredgart MH, Lindholt JS, et al. Mitral annulus calcification and cardiac conduction disturbances: a DANCAVAS sub-study [J]. *J Cardiovasc Imaging*, 2022, 30(1): 62-75.
- [6] Churchill TW, Yucel E, Bernard S, et al. Sex differences in extensive mitral annular calcification with associated mitral valve dysfunction [J]. *Am J Cardiol*, 2023, 193: 83-90.
- [7] Hou J, Sun Y, Wang H, et al. Noncontrast cardiac computed tomography-derived mitral annular calcification scores in mitral valve disease [J]. *Clin Cardiol*, 2023, 46(11): 1310-1318.
- [8] Urena M, Vahanian A, Brochet E, et al. Current indications for transcatheter mitral valve replacement using transcatheter aortic valves: valve-in-valve, valve-in-ring, and valve-in-mitral annulus calcification [J]. *Circulation*, 2021, 143(2): 178-196.
- [9] Abudiyab MM, Chebrolo LH, Schutt RC, et al. Doppler echocardiography for the estimation of LV filling pressure in patients with mitral annular calcification [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2017, 10(12): 1411-1420.
- [10] Alexis SL, Alzahrani TS, Akkoc D, et al. Anatomic classification of mitral annular calcification for surgical and transcatheter mitral valve replacement [J]. *J Card Surg*, 2021, 36(7): 2410-2418.
- [11] Reddy YNV, Murgo JP, Nishimura RA. Complexity of defining severe “stenosis” from mitral annular calcification [J]. *Circulation*, 2019, 140(7): 523-525.
- [12] Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, et al. 2020 ACC/AHA guideline for the

- management of patients with valvular heart disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on clinical practice guidelines [J]. *Circulation*, 2021, 143 (5): e35-e71.
- [13] Alexis SL, Malik AH, El-Eshmawi A, et al. Surgical and transcatheter mitral valve replacement in mitral annular calcification; a systematic review [J]. *J Am Heart Assoc*, 2021, 10(7): e018514.
- [14] Tomsic A, Hiemstra YL, van Brakel TJ, et al. Outcomes of valve repair for degenerative disease in patients with mitral annular calcification [J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 107(4): 1195-1201.
- [15] Naito N, Grossi EA, Nafday HB, et al. Robotic mitral valve repair with complete excision of mitral annular calcification [J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2022, 11(5): 545-547.
- [16] Brescia AA, Rosenbloom LM, Watt TMF, et al. Ultrasonic emulsification of severe mitral annular calcification during mitral valve replacement [J]. *Ann Thorac Surg*, 2022, 113(6): 2092-2096.
- [17] Numaguchi R, Takaki J, Nishigawa K, et al. Outcomes of mitral valve replacement with complete annular decalcification [J]. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*, 2023, 31(19): 775-780.
- [18] Salthiyah K, Kattach H, Ashoub A, et al. Mitral valve replacement in severely calcified mitral valve annulus: a 10-year experience [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 52(3): 440-444.
- [19] Rahmouni K, Deng M, Gharibeh L, et al. Systematic approach to the calcified mitral valve apparatus at time of mitral valve replacement [J]. *Ann Thorac Surg*, 2022, 113(1): e67-e69.
- [20] Morishita A, Tomioka H, Katahira S, et al. Mitral valve replacement using a collar-reinforced mitral prosthesis for severe mitral annular calcification, which secures implantation in both the supra-annular and intra-atrial positions; a case report [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2023, 18(1): 319-325.
- [21] Ma J, Tan T, Li X, et al. Mitral valve replacement adopting chimney technique in mitral insufficiency and extensive mitral annular calcification: a case report [J]. *Heart Surg Forum*, 2022, 25(5): e718-e720.
- [22] Panicker V, Sreekantan R, Kotera SS, et al. A novel technique to deal with mitral annular calcification—A case series [J]. *Heart Surg Forum*, 2020, 23(6): E793-E795.
- [23] Ribeiro RVP, Yanagawa B, Légaré JF, et al. Clinical outcomes of mitral valve intervention in patients with mitral annular calcification: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Card Surg*, 2020, 35(1): 66-74.
- [24] Wert L, Pasic M, Heck R, et al. “UFO procedure” for massive aortic and mitral annular calcification involving left atrial and ventricular myocardium: a potential radical solution [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2023, 18(1): 185.
- [25] Cheng R, Tat E, Siegel RJ, et al. Mitral annular calcification is not associated with decreased procedural success, durability of repair, or left ventricular remodeling in percutaneous edge-to-edge repair of mitral regurgitation [J]. *EuroIntervention*, 2016, 12(9): 1176-1184.
- [26] Hatab T, Bou Chaaya RG, Zaid S, et al. Feasibility and outcomes of mitral transcatheter edge-to-edge repair in patients with variable degrees of mitral annular calcification [J]. *J Am Heart Assoc*, 2023, 12(19): e031118.
- [27] Fernández-Peregrina E, Pascual I, Freixa X, et al. Transcatheter edge-to-edge mitral valve repair in patients with mitral annulus calcification [J]. *EuroIntervention*, 2022, 17(16): 1300-1309.
- [28] Guerrero M, Urena M, Himbert D, et al. 1-Year outcomes of transcatheter mitral valve replacement in patients with severe mitral annular calcification [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 71(17): 1841-1853.
- [29] Guerrero M, Wang DD, Eleid MF, et al. Prospective study of TMVR using balloon-expandable aortic transcatheter valves in MAC: MITRAL trial 1-year outcomes [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2021, 14(8): 830-845.
- [30] Gössl M, Thourani V, Babaliaros V, et al. Early outcomes of transcatheter mitral valve replacement with the Tendyne system in severe mitral annular calcification [J]. *EuroIntervention*, 2022, 17(18): 1523-1531.
- [31] Brener MI, Hamandi M, Hong E, et al. Early outcomes following transatrial transcatheter mitral valve replacement in patients with severe mitral annular calcification [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2024, 167(4): 1263-1275.
- [32] Smith RL, Hamandi M, Ailawadi G, et al. Surgical implantation of balloon-expandable heart valves for the treatment of mitral annular calcification [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 166(1): 62-70.
- [33] Lamelas J, Alnajjar A. Early outcomes for surgical minimally invasive SAPIEN 3 transcatheter mitral valve replacement [J]. *Ann Thorac Surg*, 2021, 112(2): 494-500.
- [34] Gerçek M, Gerçek M, Börgermann J. Hybrid mics mitral valve replacement with TAVR prosthesis in incomplete circumferential mitral annulus calcification [J]. *Eur Heart J Case Rep*, 2023, 7(8): ytab384.
- [35] Lopez-Rodriguez FJ, Arnaiz-Garcia ME, Barreiro-Perez M, et al. Left atrial to left ventricular valved conduit for a calcified mitral annulus and ascending aorta [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 157(4): e143-e145.
- [36] van Hemelrijck M, Taramasso M, Gülmez G, et al. Mitral annular calcification: challenges and future perspectives [J]. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 36(4): 397-403.
- [37] Pressman GS, Rodriguez-Ziccardi M, Gartman CH, et al. Mitral annular calcification as a possible nidus for endocarditis: a descriptive series with bacteriological differences noted [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2017, 30(6): 572-578.
- [38] Kumar A, Samra G, Kaur S, et al. Mitral annular calcification related infective endocarditis: a contemporary systematic review [J]. *Curr Probl Cardiol*, 2023, 48(3): 101558.
- [39] Horibe T, Hidaka H, Numaguchi R, et al. Mitral valve replacement with annuloplasty in a patient with infected mitral annular calcification [J]. *Clin Case Rep*, 2023, 11(8): e7802.
- [40] Sveric KM, Platzek I, Golgor E, et al. Purposeful use of multimodality imaging in the diagnosis of caseous mitral annular calcification: a case series report [J]. *BMC Med Imaging*, 2022, 22(1): 7-13.
- [41] Fong IS, McLaughlin AJ, Okiwelu NL, et al. Surgical management of caseous calcification of the mitral annulus [J]. *Ann Thorac Surg*, 2017, 104(3): e291-e293.

收稿日期: 2023-11-22