

人工腱索在二尖瓣关闭不全后叶成形术中的应用及近中期疗效

梁宜武, 汤志祥, 李倩, 尹晨, 王润哲, 刘钰

(河北医科大学第二医院心脏外科, 河北石家庄 050000)

[摘要] 目的 了解人工腱索在二尖瓣关闭不全后叶病变中应用的可行性及近中期临床效果。方法 选取在河北医科大学第二医院心脏外科, 诊断二尖瓣脱垂伴关闭不全接受二尖瓣成形治疗的患者 99 例, 其中单纯前叶脱垂 41 例, 单纯后叶脱垂 44 例, 前后叶均脱垂 4 例, 交界脱垂 10 例。针对 48 例存在后叶脱垂的患者采用人工腱索的方法纠正二尖瓣后叶关闭不全。结果 接受应用人工腱索纠正瓣膜后叶关闭不全的 48 例患者, 随访 13~81 个月, 平均(40.60±15.57)个月, 术后 1 年因二尖瓣病变再次接受手术者 0 例, 术后 2 年接受再次手术者共 2 例, 术后 5 年接受再次手术者共 2 例, 占全部后叶成型患者的 4.2%。术后患者左心室射血分数、左心室舒张末径、二尖瓣血液返流面积以及心脏功能均较术前明显改善, 差异有统计学意义($P<0.05$)。随访数据显示术后 6 个月~1 年这些指标改善更加明显。二尖瓣血液返流面积, 随着时间的延长, 有逐渐增加的趋势, 但目前资料尚未显示差异有统计学意义($P<0.05$)。术后二尖瓣口血液流速、左心室流出道血液流速, 以及二尖瓣瓣口面积均在正常值范围, 未出现二尖瓣口狭窄。结论 应用人工腱索治疗二尖瓣后叶脱垂是有效的, 临床可以取得可靠的疗效。

[关键词] 心脏瓣膜疾病; 二尖瓣成形术; 二尖瓣闭锁不全 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2024.08.009

[中图分类号] R542.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2024)08-0917-05

Application of artificial chordae tendineae in posterior valvoplasty for mitral regurgitation and short-and medium-term therapeutic effect

LIANG Yi-wu, TANG Zhi-xiang, LI Qian, YIN Chen, WANG Run-zhe, LIU Yu

(Department of Cardiac Surgery, the Second Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050000, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the feasibility and short- and medium-term clinical efficacy of artificial chordae tendineae in the treatment of posterior leaflet prolapse of the mitral valve. **Methods** A total of 99 patients diagnosed with mitral valve prolapse and regurgitation who underwent mitral valvoplasty at the Second Hospital of Hebei Medical University were selected, including 41 patients with simple anterior leaflet prolapse, 44 patients with simple posterior leaflet prolapse, 4 patients with both anterior and posterior leaflet prolapse, and 10 patients with junctional prolapse. We used artificial chordae tendineae to correct mitral regurgitation in 48 patients with posterior leaflet prolapse. **Results** In total, 48 patients who were given artificial chordae tendineae to correct posterior leaflet regurgitation were followed up for 13–81 months, with an average of (40.60±15.57) months. There was 0 patient who underwent re-operation due to mitral valve disease at 1 year after surgery, 2 patients who underwent re-operation at 2 years after operation, and 2 patients who underwent re-operation at 5 years after surgery, accounting for 4.2% of all patients receiving posterior valvoplasty. Postoperatively, patients showed significant improvements in left ventricular ejection fraction, left ventricular end diastolic

diameter, mitral regurgitation area, and cardiac function, as compared with preoperative levels, with statistical differences. Follow-up data showed that these indicators improved more significantly from 6 months to 1 year after surgery. The area of mitral regurgitation gradually increased with time, but currently there was no significant difference. The postoperative mitral valve orifice blood flow velocity, blood flow velocity of left ventricular outflow tract, and mitral valve orifice area were all within the normal range, and no stenosis of mitral valve was found.

Conclusion Artificial chordae tendineae is effective in the treatment of posterior leaflet prolapse of the mitral valve, which can achieve favorable therapeutic results.

[Key words] heart valve diseases; mitral valvoplasty; mitral valve insufficiency

二尖瓣成形术是近年来心脏瓣膜外科开展临床应用和研究的热点,伴随着对二尖瓣结构认识的深入,以及对瓣膜关闭不全原因的逐步了解,临床上出现了多种的成形方法。应用人工腱索是治疗二尖瓣关闭不全的重要技术手段之一,该方法以往主要是针对前叶脱垂所采取的主要治疗手段。在现阶段临床上对后叶脱垂进行治疗的方法,多是采用以切除后叶多余的瓣叶为主。本研究将植入人工腱索这一主要治疗前叶脱垂的方法,用以纠正二尖瓣后叶脱垂,以了解该技术是否可以纠正后叶脱垂,以及其近中期疗效是否可靠。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾并随访自2016年1月—2021年12月,于河北医科大学第二医院诊断二尖瓣关闭不全并接受二尖瓣成形治疗的99例患者临床资料,其中48例患者有二尖瓣后叶脱垂伴关闭不全,并应用人工腱索技术进行修复。其中男性31例,女性17例;年龄22~68岁,平均 (47.75 ± 9.56) 岁;平均升主动脉阻断时间 (66.37 ± 9.12) min。纳入条件:①年龄16~70岁。②冠状动脉造影结果提示术中需行冠状动脉搭桥 ≤ 2 支的患者。③术前超声心动提示二尖瓣后叶存在脱垂或关闭不全,左心室射血分数 $> 45\%$ 。排除标准:①心内膜炎造成的二尖瓣关闭不全;②风湿性心脏病伴二尖瓣关闭不全;③Barlow综合征;④再次或多次心脏手术患者。

本研究经河北医科大学第二医院伦理委员会批准实施,现报告如下。

1.2 手术方法 所有患者均采用静脉复合麻醉,胸部正中切口,需要同时行冠状动脉搭桥的患者,取左侧乳内动脉及下肢大隐静脉,在非体外循环下先行乳内动脉与前降支吻合,大隐静脉与另一个靶血管吻合,之后无论是否需要行冠状动脉搭桥的患者均行升主动脉及上下腔静脉插管,升主动脉灌注HTK停跳液,通过右心房、房间隔,或者通过房间

沟暴露二尖瓣,明确二尖瓣返流部位,应用人工腱索矫治后叶脱垂(人工腱索植入技术如图1),如果前叶有病变,同时纠正前叶病变。打水试验满意后,按照Carpentier的方法测量选择二尖瓣成形环,间断缝合,将二尖瓣成形环(Edward Physical II)缝合于二尖瓣环。关闭房间隔及右心房。心脏复跳停机后,食道超声心动再次评估二尖瓣关闭情况,二尖瓣修复满意后关胸结束手术。如果二尖瓣关闭不全解除不满意,则再次停跳对二尖瓣进行修复,至满意为止。术中如多次修复二尖瓣病变纠正不满意,则行瓣膜置换。

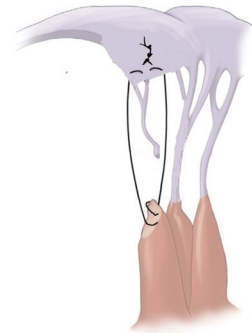


图1 二尖瓣成形术人工腱索植入技术示意图

Figure 1 Schematic diagram of mitral valvoplasty with artificial chordae tendineae

用CV-4号Gore-Tex线在乳头肌顶端作8字缝合,缝线的另一端缝合在脱垂瓣叶的对合缘处。缝线由心室面进针,心房面出针,之后再由心房面进针,穿透瓣膜,进到心室面,最后再次从心室面进针从心房面穿出。2个人工腱索(1对)用同样的方法缝合,在调整好人工腱索的长度之后,在瓣叶的心房面打结。2根人工腱索缝合在瓣叶上之间的距离一般 ≤ 10 mm。

1.3 观察指标及随访数据 术前采集每位患者的基本信息,包括性别、年龄、纽约心脏协会(New York Heart Association, NYHA)心功能分级、心电图、年龄 > 50 岁的患者冠状动脉造影的情况。术前每位患者行经胸超声心动检查,了解心室大小、心

脏功能、二尖瓣返流部位、返流面积及二尖瓣口血液流速,左心室流出道血流速度。术中应用经食管超声心动检查,测量患者术中二尖瓣返流面积、二尖瓣口血液流速、左心室流出道血液流速,及时了解手术对二尖瓣返流病变纠正的程度及效果。术后1周、1月、3个月、6个月、1年、2年、5年,再次行经胸超声心动检查。了解患者心室大小、心脏功能、二尖瓣返流部位、返流面积及二尖瓣口血液流速,左心室流出道血流速度。

1.4 统计学方法 应用 SPSS23.0 统计软件分析数据。计量资料采用单因素方差分析、SNK-*q* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 一般资料情况 48 例患者中,6 例同时接受了冠状动脉搭桥术 CABG;18 例同时行三尖瓣成形术 TVP;5 例同时行 Maze 手术和左心耳缝合;1 例行主动脉瓣下隔膜切除;1 例行房间隔缺损+室间隔缺损修补术。48 例患者平均随访时间是(42.29 ± 10.71)个月。随访期间 1 例患者术后 13 个月时再次出现后叶 P2 区重度血液返流,在其他医院接受再次手术,考虑手术缝线撕脱。另 1 例患者术后 23 个月出现二尖瓣中-重度返流,接受手术治疗。另外 2 例患者分别于随访 63 个月和 67 个月时,行超声心动检查提示二尖瓣返流为中度,目前暂未接受

手术治疗;其他患者心脏超声检查二尖瓣返流均在中度以下。

2.2 围术期心脏超声的变化 患者术后各随访时间点左心室射血分数与术前相比,差异均有统计学意义($P < 0.05$);术后 2 年内各个随访点心脏射血分数均较之前随访时间点提高,差异有统计学意义($P < 0.05$);5 年随访时,心脏射血分数与 2 年随访点之间差异无统计学意义($P > 0.05$)。左心室舒张末径术后各个随访时间点均较术前明显降低,差异均有统计学意义($P < 0.05$);术后各随访时间点之间数据对照,提示在术后 2 年患者左心室舒张末径一直在不断下降,2 年内各随访时间点之间差异有统计学意义($P < 0.05$)。手术后各随访时间点二尖瓣血液返流面积较术前明显减少,差异有统计学意义($P < 0.05$);术后其他各随访时间点二尖瓣血液返流面积差异有统计学意义($P < 0.05$)。二尖瓣口血液流速、二尖瓣口面积,手术后随访时间点数据与术前相比差异有统计学意义($P < 0.05$),左心室流出道血液流速手术前、后对比差异无统计学意义($P > 0.05$)。手术后患者各个随访时间点心脏功能较术前都有提高、改善,差异有统计学意义($P < 0.05$);术后 2 年内随访点均较前一个随访点的数据有提高,差异有统计学意义($P < 0.05$)。术后 5 年较术后 2 年时心功能的数据比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 患者手术前后及随访阶段心功能及心脏超声数据

Table 1 Cardiac function and echocardiogram data before and after operation and during follow-up period

($n = 48, \bar{x} \pm s$)

组别	左心室射血 分数(%)	左心室舒张 末径(mm)	二尖瓣血液 返流面积(cm ²)	二尖瓣口 流速(cm/s)	左心室流出道 流速(cm/s)	二尖瓣口 面积(cm ²)	HF(NYHA)
术前	51.85 ± 3.52	63.11 ± 3.73	11.37 ± 3.41	100.24 ± 8.04	103.91 ± 9.08	5.15 ± 0.50	3.35 ± 0.60
术后 1 周	57.71 ± 2.11	58.02 ± 2.53	1.79 ± 0.91	104.11 ± 6.05	103.93 ± 9.51	4.97 ± 0.46	2.09 ± 0.28
术后 1 个月	61.38 ± 2.12 [#]	57.11 ± 2.06 [#]	1.82 ± 1.01 [#]	103.54 ± 7.27	104.02 ± 11.00	5.03 ± 0.42	1.52 ± 0.51 [#]
术后 3 个月	64.42 ± 2.31 ^{#△}	56.02 ± 1.37 ^{#△}	1.84 ± 0.93	99.41 ± 4.50	104.52 ± 10.46	5.01 ± 0.45	1.33 ± 0.47 ^{#△}
术后 6 个月	66.31 ± 2.11 ^{#△☆}	52.96 ± 1.75 ^{#△☆}	2.07 ± 0.94 ^{#△☆}	104.30 ± 6.83	107.74 ± 10.71	5.03 ± 0.50	1.17 ± 0.38 ^{#△☆}
术后 1 年	69.00 ± 2.14 ^{#△☆▲}	52.13 ± 1.53 ^{#△☆}	2.21 ± 1.06 ^{#△☆▲}	104.28 ± 5.48	105.87 ± 10.46	5.03 ± 0.47	0.74 ± 0.44 ^{#△}
术后 2 年	68.52 ± 1.75 ^{#△☆▲★}	51.13 ± 2.06 ^{#△☆}	2.28 ± 1.08 ^{#△☆▲★}	102.61 ± 5.74	105.89 ± 10.98	5.01 ± 0.46	0.43 ± 0.50 ^{#△}
术后 5 年	67.92 ± 1.74 ^{#△☆▲★◇}	52.48 ± 2.02 ^{#☆}	3.00 ± 1.32 ^{#△☆▲★◇}	102.57 ± 6.44	105.48 ± 9.32	5.05 ± 0.47	0.48 ± 0.69 ^{#△}
<i>F</i> 值	404.238	227.484	239.707	4.152	0.787	0.598	218.379
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.599	0.760	<0.001

HF(NYHA): 心脏功能(纽约心脏协会)

P 值 < 0.05 与术前比较 # *P* 值 < 0.05 与术后 1 周比较 △ *P* 值 < 0.05 与术后 1 个月比较 ☆ *P* 值 < 0.05 与术后 3 个月比较 ▲ *P* 值 < 0.05 与术后 6 个月比较 ★ *P* 值 < 0.05 与术后 1 年比较 ◇ *P* 值 < 0.05 与术后 2 年比较(SNK-*q* 检验)

3 讨 论

上世纪 70 年代,法国心外科大师 Carpentier 开创了二尖瓣成形的新时代^[1-2],随着对二尖瓣解剖结构认识的深入了解^[3-4],以及二尖瓣置换手术后,患者仍然被人工瓣膜相关问题所困扰,二尖瓣成形

术目前成为心脏瓣膜领域研究的重要点,瓣膜成形的和方式(外科手术、导管介入等^[5])也层出不穷,但临床工作中二尖瓣成形术仍然是以传统外科手术为主。该手术方式因其保留患者自身的瓣膜的自然结构、在围术期患者心功能恢复快、术后并发症的发生率低等优势,逐渐成为治疗二尖瓣病变的首

选治疗手段^[6-8],同时目前在欧美等发达国家,二尖瓣成形术,在对瓣膜病患者治疗中列为首选的治疗手段^[9-10]。在我国每年大约有250万的瓣膜病患者需要接受手术治疗^[11],尽快掌握瓣膜病治疗的最新技术手段,为瓣膜病患者选择最佳的手术方案,是临床医生需要解决的问题。

目前二尖瓣成形术疗效的保障,除了心外科医师对瓣膜的修复经验之外,具体的手术操作方法有①人工腱索植入;②腱索转移;③腱索缩短;④sliding技术;⑤瓣叶矩形或楔形切除;⑥交界缝合;⑦瓣叶削薄;⑧交界切开等手段。

在国外David等^[12]提出人工腱索置换概念之后,人工腱索用于二尖瓣成形逐渐流行开来。由于二尖瓣前叶面积较后叶面积大,在发生二尖瓣前叶脱垂的时候,如果切除前叶脱垂的瓣叶后,往往会造成二尖瓣叶面积减小,难以纠正二尖瓣的血液返流。人工腱索的应用可以避免对脱垂前叶的切除,很好解决了切除前叶后瓣叶面积减小的困境。二尖瓣后叶由于面积相对较小,出现后叶脱垂的时候,可以切除脱垂部分的后叶,而将后叶残端再次缝合,达到消除血液返流的目的。因此临床工作中,人工腱索的植入,主要用于纠正二尖瓣前叶病变。

二尖瓣瓣膜成形的综合理念:最大可能保留患者自身瓣膜及瓣下结构的完整,最大限度保留患者瓣口面积,消除瓣口狭窄和关闭不全,同时避免术后SAM征出现,以及稳定可靠的长期疗效。同时心脏功能的恢复同样依赖二尖瓣瓣下结构的正常保留。自从Carpentier将矩形切除技术引入二尖瓣成形术之后,该技术很快成为治疗后叶脱垂的标准治疗方法^[13-16]。目前针对二尖瓣后叶脱垂的主要成形手段是,切除多余瓣叶组织的sliding技术和瓣叶矩形或楔形切除技术,以消除瓣膜的关闭不全。这两种技术,虽然可以做到消除瓣叶关闭不全,但是同样可能存在术后瓣叶面积减小、瓣口面积减小,以及术后瓣叶对合高度减小,影响手术长期疗效的风险。对二尖瓣成形术很早就有学者提出,要对患者自身瓣叶进行保护,尽量避免对瓣叶的切除^[17-18]。

针对临床中上述存在问题,本研究采用平时主要用于二尖瓣前叶脱垂的人工腱索植入技术纠正二尖瓣后叶脱垂,希望尽量保留患者自身的瓣膜组织,避免手术后瓣叶面积减小,以及术后瓣叶对合高度可能不足的风险。本研究认为尽量避免切除患者自身瓣叶的技术,在患者自身瓣叶面积相对较小的患者中尤其重要。另外,手术在切除瓣叶组织的同时,一般不可避免地要切除一部分腱索等瓣下结构,由

于心室功能的好坏,很大程度上依靠心脏瓣下结构的完整^[19],如果应用人工腱索植入技术替代对后叶多余瓣叶组织的切除,可以保留心脏瓣下结构的完整性,有利于患者心脏功能的恢复,以及保持术后前后瓣叶对合高度在合适的范围,有利于手术长期疗效的稳定。当然,对于单纯应用人工腱索植入治疗后叶脱垂的时候,可能因脱垂的后叶面积较正常后叶面积增大,应用人工腱索之后,使得二尖瓣后叶高度增大,存在术后现SAM征的潜在风险,这要求术者在人工腱索植入之后,打水试验观察二尖瓣闭合情况时,不仅要观察瓣膜返流改善的情况,也需要留意前后两瓣叶面积的比例是否恰当,如果感觉后叶高度过高,可以先开放升主动脉阻断钳,让心脏复跳,心脏复跳之后,如果返流消失且没有SAM征,则手术完成。如果返流消失但出现SAM征,需要再次阻断升主动脉,重新评估SAM征是什么原因造成的。如果确实是因为后叶高度过大造成的,那么可以对后叶做横向切除或者折叠,适当降低后叶高度,或者再次切除后叶脱垂的瓣叶,以消除SAM征;如果考虑是人工瓣环选择是偏小造成的,则需要更换大型号的瓣环^[20-21]。如果对出现SAM的原因一时难以确定,也可以通过应用多种漂浮缝线技术^[22-25],改善手术后的SAM征。

另有一部分患者,直接应用人工腱索植入治疗二尖瓣后叶脱垂,心脏再次复跳之后,仍然存在不能接受的二尖瓣返流。若遇到此类情况,仍可以切除冗长或者多余的瓣叶组织,之后将切除后的瓣叶组织残端进行缝合。这样的治疗思路或者说方法,可以在单纯植入人工腱索失败之后,还有另外一个手段或者机会纠正后叶脱垂造成的血液返流,这样可以在患者接受一种手术方法失败后,还存在另外一种机会可以完成瓣膜成形手术。

对于切除了部分后叶组织的这些患者,仍然在瓣膜组织残端组织缝合交界处,加用1~2根人工腱索,希望以此加强保证手术后患者前、后瓣叶有足够的对合高度,同时加强瓣叶缝合处的强度,避免瓣膜再次在同样的部位出现脱垂,而影响手术后的长期疗效。本研究和近期的临床效果显示,该方法的疗效是可靠的。本研究患者术后各随访时间点之间数据对照,提示在术后2年患者左心室舒张末径一直在不断下降,2年内各随访时间点之间差异有统计学意义。同时也要看到,这些数据虽然具有统计学差异,但术后6个月时患者的左心室舒张末径已经基本恢复到正常水平。手术后各随访时间点二尖瓣血液返流面积较术前明显减少,差异有统计学意义

($P < 0.05$); 术后其他各随访时间点二尖瓣血液返流面积差异有统计学意义。随时间延长, 二尖瓣血液返流面积似乎有增加趋势。但目前最长随访时间内, 患者二尖瓣返流面积仍然低于可接受的 4 cm^2 。二尖瓣口血液流速、二尖瓣口面积, 手术后随访时间点数据与术前相比差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 但这些数据的数值都在正常值范围内, 并无临床意义。左心室流出道血液流速手术前、后对比差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。手术后患者各个随访时间点心脏功能较术前都有提高、改善, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 术后 1 个月、3 个月、6 个月、1 年、2 年随访心功能数据之间对比, 提示心脏功能 2 年内不断恢复提高, 术后 2 年内随访点均较前一个随访点的数据有提高, 差异有统计学意义。术后 5 年较术后 2 年时心功能的数据差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

[参考文献]

- [1] Carpentier A, Deloche A, Dauptain J, et al. A new reconstructive operation for correction of mitral and tricuspid insufficiency[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1971, 61(1): 1-13.
- [2] Carpentier AF. Cardiac valve surgery-the "French correction" [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1983, 86(3): 323-337.
- [3] 许迪, 何安霞, 张艳娟, 等. 老年退行性心脏瓣膜病的现状分析及超声心动图评估[J/CD]. 中华医学超声杂志(电子版), 2021, 18(10): 917-920.
- [4] Peters AS, Duggan JP, Trachiotis GD, et al. Epidemiology of valvular heart disease [J]. Surg Clin North Am, 2022, 102(3): 517-528.
- [5] Zhou S, Egorova N, Moskowitz G, et al. Trends in MitraClip, mitral valve repair, and mitral valve replacement from 2000 to 2016 [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2021, 162(2): 551-562. e4.
- [6] 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.
- [7] Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, et al. 2017 AHA/ ACC focused Update of the 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on clinical practice guidelines [J]. Circulation, 2017, 135(25): e1159-1195.
- [8] Hamandi M, Ryan WH, Grayburn PA, et al. Misclassification of mitral valve disease and rate of surgical repair in the Society of Thoracic Surgeons Database [J]. Ann Thorac Surg, 2020, 110(2): 517-522.
- [9] 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.

- [10] Vahanian A, Beyersdorf F. ESC/EACTS Scientific Document Group. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease [J]. Eur Heart J, 2022, 43(7): 561-632.
- [11] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2021 概要 [J]. 中国循环杂志, 2022, 37(6): 553-578.
- [12] David TE, Armstrong S, McCrindle BW, et al. Late outcomes of mitral valve repair for mitral regurgitation due to degenerative disease [J]. Circulation, 2013, 127: 1485-1492.
- [13] Johnston DR, Gillinov AM, Blackstone EH, et al. Surgical repair of posterior mitral valve prolapse: implications for guidelines and percutaneous repair [J]. Ann Thorac Surg, 2010, 89(5): 1385-1394.
- [14] Perier P, Stumpf J, Götz C, et al. Valve repair for mitral regurgitation caused by isolated prolapse of the posterior leaflet [J]. Ann Thorac Surg, 1997, 64(2): 445-450.
- [15] Deloche A, Jebara VA, Relland JY, et al. Valve repair with Carpentier techniques. The second decade [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1990, 99(6): 990-1001.
- [16] Virmani R, Atkinson JBFM. The pathology of mitral valve prolapse [J]. Herz, 1988, 13(4): 215-226.
- [17] Perier P, Hohenberger W, Lakew F, et al. Toward a new paradigm for the reconstruction of posterior leaflet prolapse: midterm results of the "respect rather than resect" approach [J]. Ann Thorac Surg, 2008, 86(3): 718-725.
- [18] Tabata M, Yanagisawa H. Nonresectional folding repair techniques for posterior leaflet lesions in degenerative mitral regurgitation [J]. JTCVS Tech, 2021, 10: 68-73.
- [19] Tiange Luo, Xu Meng. Clinico-pathological classification of rheumatic mitral valve damage and surgical strategy [J]. J Thorac Dis, 2021, 13(5): 2933-2941.
- [20] Sidiki AI, Akulova AA, Hussein MH, et al. Physio and Physio II rings: beyond the annular physiology [J]. J Cardiovasc Surg (Torino), 2022, 63(4): 529-535.
- [21] Noack T, Sieg F, Cuartas MM, et al. Clinical outcomes after mitral valve repair with the Physio II annuloplasty ring [J]. Thorac Cardiovasc Surg, 2022, 70(2): 100-105.
- [22] Akihiko U, Masato M. Surgical management for systolic anterior motion (SAM) of the mitral valve in obstructive hypertrophic myopathy [J]. Ann Thorac Cardiovasc Surg, 2022, 28: 239-248.
- [23] Kassem S. Paradoxical stitches aim to discipline the anterior leaflet to avoid postplasty systolic anterior motion [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2013, 145: 893-895.
- [24] Sternik L, Zehr KJ. Systolic anterior motion of the mitral valve after mitral valve repair: a method of prevention [J]. Tex Heart Inst J, 2005, 32(1): 47-49.
- [25] Alfieri O, Lapenna E. Systolic anterior motion after mitral valve repair: where do we stand in 2015? [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2015, 48(3): 344-346.