

## • 继续教育 •

## 导管消融术后医源性房间隔缺损的临床研究进展

何长健<sup>1</sup> 张媛媛<sup>1</sup> 谢瑞芹<sup>1</sup>

**[摘要]** 随着心房颤动导管消融手术应用的日益增多,消融后医源性房间隔缺损的发生率可能将进一步增加。医源性房间隔缺损的预测因素已有相关报道,但持续性医源性房间隔缺损的临床意义尚不明确,是否需要消融后出现的房间隔缺损进行封堵或者严格的监测亦无定论。本文就导管消融术后医源性房间隔缺损的发生情况、预测因素、临床意义以及治疗进行综述。

**[关键词]** 医源性房间隔缺损;导管消融;射频消融;冷冻球囊消融;心房颤动

**DOI:**10.13201/j.issn.1001-1439.2021.07.017

**[中图分类号]** R541.7 **[文献标志码]** A

## Clinical research progress of iatrogenic atrial septal defect after catheter ablation

HE Changjian ZHANG Yuanyuan XIE Ruiqin

(Department of Cardiology, The Second Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang, 050000, China)

Corresponding author: XIE Ruiqin, E-mail: 13230178060@163.com

**Summary** With the increasing application of catheter ablation surgery in atrial fibrillation, the incidence of iatrogenic atrial septal defect after ablation may further increase. The predictive factors of iatrogenic atrial septal defect have been reported, but it is unclear for the clinical significance of persistent iatrogenic atrial septal defect. Whether it is necessary to block or strictly monitor the atrial septal defect after ablation is inconclusive. This article reviews the occurrence, predictive factors, clinical significance and treatment of iatrogenic atrial septal defect after catheter ablation.

**Key words** iatrogenic atrial septal defect; catheter ablation; radiofrequency ablation; cryo-balloon ablation; atrial fibrillation

心房颤动(房颤)导管消融在房颤的治疗方面优于抗心律失常药物<sup>[1]</sup>,近年来被广泛应用于房颤患者窦性心律的维持以及生活质量的改善。房颤导管消融手术主要包括射频消融术和冷冻球囊消融术,肺静脉隔离是其标准方法。不同的是,最常用的射频消融采用逐点施加射频电流的方式,通过加热导致组织坏死;冷冻球囊消融是通过冷冻球囊施加的低温能量,导致细胞冷冻坏死。相同的是,二者均需对房间隔进行穿刺从而进入左心房完成对房颤触发灶的隔离。然而,房间隔穿刺后医源性房间隔缺损的产生在所难免,它们大多可以随时间而自行闭合。持续性医源性房间隔缺损的临床意义尚不明确,相应的专家共识及临床指南也尚未建立。长期的心房间分流可能导致右心衰竭、肺动脉高压和心律失常<sup>[2]</sup>,对于产生严重临床后果的医源性房间隔缺损可以对其进行封堵<sup>[3-4]</sup>。本文的目的是对房颤导管消融术后医源性房间隔缺损的发生情况、预测因素、临床意义以及治疗进行综述。

### 1 医源性房间隔缺损的发生情况

在当前诸多的心脏介入手术中,如导管消融手术、左心耳封堵和经导管二尖瓣修复术(MitraClip术),房间隔穿刺都是手术中至关重要的一步,并在手术后立即导致医源性房间隔缺损的发生。然而,不同介入手术医源性房间隔缺损的发生率各不相同<sup>[2,4]</sup>。许多研究已经报道了导管消融手术后持续性医源性房间隔缺损的发生率及其闭合情况,并且肺静脉隔离后医源性房间隔缺损的发病率因随访时间和手术特点而异。在2015年,Mugnai及其同事等首次比较了随访1年时双间隔穿刺射频消融术和单间隔穿刺冷冻消融术后医源性房间隔缺损的发生率<sup>[5]</sup>。冷冻球囊消融组肺静脉隔离术后1年医源性房间隔缺损发生率为22.2%,射频消融组为8.5%;但两组间医源性房间隔缺损直径大小无显著性差异。Davies等<sup>[6]</sup>于2017年报告的小样本研究,27例接受冷冻消融的患者中有7例(25.9%)发现了持续性房间隔缺损。Watanabe等<sup>[7]</sup>研究分析了第2代冷冻球囊消融后持续性医源性房间隔缺损的发生率及其对血流动力学的影响

<sup>1</sup>河北医科大学第二医院心内科(石家庄,050000)  
通信作者:谢瑞芹,E-mail:13230178060@163.com

响。该研究纳入了 83 例阵发性房颤患者,结果显示 8.4% 的患者在术后 15.5 个月可以观察到医源性房间隔缺损,但在 17.7 个月的中位随访期间没有观察到与医源性房间隔缺损相关的不良事件。同年 Linhart 等<sup>[8]</sup> 报告了应用冷冻球囊经单间隔穿刺肺静脉隔离后医源性房间隔缺损的发病情况。在 101 例患者队列中,中位随访时间为 2.9 年,发现此组患者持续性医源性房间隔缺损在肺静脉隔离后发病率为 36.6%,高于 Watanabe 等的研究结果。随后,Chan 等<sup>[9]</sup> 进行了一项超长期纵向研究以描述冷冻消融后持续性医源性房间隔缺损的发生率、演变及临床转归。共 108 例房颤患者接受了冷冻消融手术,所有患者均在术前 1 天、术后 9 个月、术后第 2 年进行经食管超声心动图检查,如果有持续性医源性房间隔缺损,则每年进行 1 次经食管超声心动图检查,直至术后 6 年。观察到冷冻球囊消融术后 9 个月医源性房间隔缺损的发生率为 30.6%。但术后随访 2 年和 3 年医源性房间隔缺损的自发闭合率分别为 22.2% 和 15.8%,术后 3 年以上医源性房间隔缺损往往不再自发闭合。由此得出在接受粗鞘房间隔穿刺的患者中,大约 1/5 的患者可能遗留永久性的医源性房间隔缺损。这与 Sieira 等<sup>[10]</sup> 先前的研究结果相类似,该研究分析了 39 例冷冻球囊消融治疗的患者,平均随访 11.7 个月,其中 8 例(20%) 出现了医源性房间隔缺损。Nagy 等<sup>[11]</sup> 进行的一项单中心研究纳入了 94 例首次行导管消融术的房颤患者,应用经食管超声心动图前瞻性随访消融后医源性房间隔缺损的发生率。房颤消融 3 个月后,医源性房间隔缺损的发生率分别为 18.8% (射频消融组) 和 17.4% (冷冻球囊消融组)。消融 12 个月后两组医源性房间隔缺损自发闭合率均高达 82.4%。在一项更大、更新的研究中,Yang 等<sup>[12]</sup> 研究分析了 293 例接受射频消融或冷冻消融的房颤患者,比较不同手术方式下医源性房间隔缺损的发生率,探讨其危险因素、保护因素及其临床意义。经胸超声心动图显示冷冻球囊消融组和射频消融组术后均有房间隔缺损的发生。冷冻球囊消融组术后 3 个月和 1 年房间隔缺损的发生率分别为 24.11% 和 15.60%。射频消融组术后 3 个月和 1 年房间隔缺损的发生率分别为 11.84% 和 6.58%。但随访 1 年,所有医源性房间隔缺损患者均无右向左分流等不良事件发生。从当前的研究数据可以明显看出医源性房间隔缺损的患病率随着时间的推移而逐渐降低;并且冷冻消融因其穿刺鞘较粗,术后医源性房间隔缺损的发生率稍高于射频消融,当前的研究也大多集中于冷冻消融术后医源性房间隔缺损的发生与转归。

## 2 持续性医源性房间隔缺损的预测因素

导管消融需要穿过房间隔来完成对左房以及

肺静脉房颤触发灶的隔离,持续性医源性房间隔缺损的发生率随着穿刺鞘尺寸的增加而增加,鞘的尺寸似乎是决定医源性房间隔缺损持续还是自发闭合的关键因素。使用穿刺鞘 $\leq 14F$  的结构的心脏手术与较高的医源性房间隔缺损闭合率(80%~90%)相关,而应用穿刺鞘 $> 20F$  的结构的心脏手术往往与较低的闭合率(50%~75%)相关<sup>[13]</sup>。同样地,对猪和人离体心脏的研究也发现,导管越大,穿过隔膜所需的力量也越大,形成的残留孔就会越大,即房间隔的组织分离和撕裂更大<sup>[14]</sup>。冷冻球囊消融术后持续性医源性房间隔缺损往往较射频消融术后较为多见。原因可能是在射频消融过程中,通常采用双间隔穿刺法将消融导管和环形标测导管送入左房。而在冷冻球囊消融手术中,通常只需要一次房间隔穿刺,从而在间隔上留下了较大的孔径;再者,两种手术的穿刺鞘尺寸有所不同,射频消融中使用 8.5F 大小的穿刺鞘,而冷冻球囊消融导管的内径为 12F,并且需要更大的 15F 外套才能将导管穿间隔送入左心房<sup>[5,15]</sup>。这可能是不同方式导管消融后医源性房间隔缺损发生率有所不同的重要原因之一。

不同的房间隔穿刺部位亦会影响医源性房间隔缺损的发生情况,导管消融最常用的经间隔穿刺部位是卵圆窝,其是房间隔最薄的部分。然而,Rich 等<sup>[16]</sup> 进行的一项单中心回顾性研究显示,在房间隔前下缘进行穿刺似乎是更好的选择。研究中 173 例患者肺静脉隔离术后即刻接受了心腔内超声心动图多普勒血流动力学成像以评估不同跨间隔穿刺点(卵圆窝和房间隔前下缘)医源性房间隔缺损的发生情况。结果表明,房间隔前下缘位置在预防急性医源性房间隔缺损方面较卵圆窝位置更好,并且研究结果有统计学意义。接受卵圆窝经间隔穿刺的患者 100% 检测到急性左向右分流,而在检查房间隔前下缘穿刺点的患者时,急性左向右分流的发生率降至 33%。故推测,与弹性较大的卵圆孔相比,位于下缘的较厚组织不容易被导管移位,从而可以用较小的力将其刺穿。

其他还有诸多因素可以预测医源性房间隔缺损的发生,但尚需进一步的临床研究加以证实。Watanabe 等<sup>[7]</sup> 研究发现消融前 CT 测量的房间隔角度(定义为卵圆窝高度水平横断面上房间隔与矢状线的夹角)可以作为预测持续性医源性房间隔缺损的有效指标,最佳分界值为  $57.50^\circ$  (敏感度 85.7%,特异度 88.2%)。Linhart 等<sup>[8]</sup> 则发现较低的左心耳血流速度与较高的持续性医源性房间隔缺损风险相关(左心耳血流速度每下降 1 cm/s,医源性房间隔缺损的可能性增加 3.5%)。Chan 等<sup>[9]</sup> 发现消融过程中冷冻球囊的应用次数是肺静脉隔离后持续性医源性房间隔缺损的唯一独立预测因

子,冷冻次数的增多可能表明消融手术的复杂从而需要更多的穿刺鞘操作。而手术持续时间、透视持续时间和下拉技术的使用则不是持续性医源性房间隔缺损的预测因子。反复消融是否会增加医源性房间隔缺损的发生率,目前尚没有定论,Anselmino等<sup>[17]</sup>的研究报道,在接受至少1次导管消融的房颤患者中,以单次穿间隔法进入左房进行再次消融并没有增加医源性房间隔缺损的发生率。当前普遍认为,消融术中单穿间隔法较双穿间隔法更易发生持续性医源性房间隔缺损。但Nagy等<sup>[11]</sup>则发现射频消融时采用单、双穿间隔技术对医源性房间隔缺损的发生无明显影响。这可能和样本量以及观察人群不同有关。

### 3 持续性医源性房间隔缺损的临床意义

持续性医源性房间隔缺损的临床意义尚不明确,由于大部分医源性房间隔缺损可以随着时间的延长而逐渐自我封闭,目前临床上并没有将其视为消融术后的并发症,常规封堵也不常见。然而,持续性医源性房间隔缺损也有可能引起血流动力学显著的心房间分流,在结构正常的心脏中,分流主要是从左向右,其会导致进行性的右心功能不全和右心衰竭,并增加心律失常的风险;而在右心房压力升高的患者中,可以观察到从右向左的分流。右向左分流常继发急性呼吸困难、难治性低氧血症和矛盾栓塞的风险<sup>[15,18]</sup>。以上情况并不多见,但也有一些病例报告与临床研究描述了导管消融后医源性房间隔缺损相关的临床结局,然而,更大规模的临床研究依旧很少,仍然缺乏足够的长期数据。

房间隔穿刺术后早期出现显著的血流动力学改变往往是危险的,在左房压力升高而右房压力正常或偏低的患者中更容易发生。急性缺损可能导致急性右心衰竭或者左右心房压力均衡,从而导致心房间血液无流动。Eshcol等<sup>[19]</sup>曾报道了两例冷冻消融术后血流动力学改变显著的医源性房间隔缺损病例。1例为手术过程中经食管超声心动图发现出现了巨大的房间隔撕裂(直径达3 cm),1例为慢性持续性医源性房间隔缺损,导致明显的左向右分流和右心室增大。此外,对于消融后出现呼吸困难的患者,尤其是低氧血症和青紫的患者,应该想到医源性房间隔缺损导致的右向左分流的可能。Aznaouridis等<sup>[20]</sup>报道了1例在肺静脉隔离术后引起右向左分流和严重难治性低氧血症的医源性房间隔缺损的病例,对其进行急诊经导管封堵后症状好转。Lee等<sup>[21]</sup>则介绍了1例致心律失常性右心室心肌病患者由于医源性房间隔缺损持续右向左分流导致急性呼吸困难和低氧血症的罕见病例。Kawaji等<sup>[22]</sup>同样报道了1例射频消融术后医源性房间隔缺损右向左分流引起位置依赖性低氧血症的患者。在现有报道的病例中,闭合医源性房间隔

缺损后患者症状有所减轻乃至消失,支持了医源性房间隔缺损是疾病根本原因的推测。此外,关于消融后医源性房间隔缺损右向左分流导致的矛盾栓塞还未见病例报道。

在先前的临床研究中,导管消融后医源性房间隔缺损的临床结局在短期的随访中似乎是安全的。因为虽然消融后医源性房间隔缺损的产生是不可避免的,但其有很高的自发闭合率。Nagy等<sup>[11]</sup>研究发现在12个月的随访期内没有患者发生卒中或短暂性脑缺血发作,持续性医源性房间隔缺损与随后脑血管事件发生率的增加无关,这与先前Linhardt等<sup>[8]</sup>的研究结果一致。然而,Yang等<sup>[12]</sup>研究发现消融术后医源性房间隔缺损患者的房颤复发率明显高于正常组。医源性房间隔缺损可能增加房颤术后复发的风险。积极控制医源性房间隔缺损或可减少术后房颤复发,提高手术成功率。更加值得注意的是,Schueler等<sup>[23]</sup>的研究表明与无医源性房间隔缺损组相比,医源性房间隔缺损组患者6分钟步行试验的结果改善较差;并且在术后6个月,N型脑利钠肽前体水平明显高于非医源性房间隔缺损患者。Cox回归分析显示,持续的心房间分流与较差的临床结果和增加的病死率相关。尽管他们的研究对象是行MitralClip手术的患者,但提示我们应对消融后较大的医源性房间隔缺损引起足够的重视,它们似乎并不都是安全的。

消融后医源性房间隔缺损引起的心房间分流可能引起偏头痛的发作。Kato等<sup>[24]</sup>近期报道了1例导管消融后新发偏头痛的病例,并回顾了其临床特征。该患者的偏头痛样头痛在消融后出现,18个月随访期内消退,并无进一步复发。这提示偏头痛可能是导管消融术的潜在并发症。

### 4 医源性房间隔缺损的监测与治疗

尽管医源性房间隔缺损右向左分流的临床后果更加受到人们的重视,但也不能忽视从左向右心房间分流可能带来的严重后果(右心容量增加导致的心力衰竭和肺动脉高压)。然而,导管消融术后是否需要持续性医源性房间隔缺损进行封堵或者严格的监测尚无定论。

医源性房间隔缺损的初步诊断往往是在介入手术中通过经食管超声心动图或心腔内超声心动图来确定的。Davies等<sup>[6]</sup>应用影像学“金标准”经食管超声心动图结合微泡造影术中检测医源性房间隔缺损的发生情况,并确定分流方向。研究表明,当加用微泡造影剂来评估房间隔缺损时,右向左分流的发生率有所增高。早期记录存在明显右向左分流的患者可能有助于识别并密切监测持续性医源性房间隔缺损发生及转归。目前并不常规推荐消融术后患者应用经食管超声心动图对医源性房间隔缺损进行监测,因为其是相对的有创检

查。但经食管超声心动图可以用于评估特定患者的医源性房间隔缺损,比如,经食管超声心动图可以考虑用于术后出现右室功能障碍的患者,他们可能是由于较大的医源性房间隔缺损导致心房间分流从而出现新发的心力衰竭症状。此外,经食管超声心动图还有助于准确评估矛盾栓塞高危患者的医源性房间隔缺损的大小。理想的医源性房间隔缺损术后监测应该是无创或者微创的,并且能准确评估医源性房间隔缺损的大小以及心房间分流的方向。经胸超声心动图仍然是目前评估医源性房间隔缺损的首选影像学手段,尽管其不如经食管超声心动图敏感<sup>[7,23,25]</sup>。然而,以经胸超声心动图结合 Valsalva 动作(作为一种刺激性诊断方法),其诊断医源性房间隔缺损的准确率似乎与经食管超声心动图相差无几;并且经胸超声心动图侵袭性更小,易于在长期随访中对患者进行反复评估,适用于研究持续性医源性房间隔缺损的自然病程及转归。此外,经胸超声心动图对医源性房间隔缺损的诊断准确率可能比增强 CT 更高,因为超声心动图提供的是连续的动态的图像,而 CT 提供的是固定的静态图像<sup>[7]</sup>。另一方面,对于术后医源性房间隔缺损的检测与定量来说,RT3DE 成像的准确性优于传统的 2DE(经胸超声心动图)技术。在 110 例接受经皮冠状动脉腔内成形术的患者中,术后 2DE 检出医源性房间隔缺损 74 例(67.27%),低于 RT3DE 的检出率 94 例(85.45%)<sup>[26]</sup>。

随着导管消融手术应用的越来越广泛,将来难免会遇到越来越多的医源性房间隔缺损患者。然而,这些经房间隔穿刺后残留的医源性房间隔缺损的最佳处理目前尚不清楚,主要基于各中心的手术经验。目前尚无关于房间隔穿刺术后医源性房间隔缺损管理的专家共识以及临床指南。现有的美国心脏病学会/美国心脏协会指南仅适用于先天性房间隔缺损的管理<sup>[27]</sup>。先前发表的医源性房间隔缺损封堵主要局限于病例报道,患者在经间隔穿刺后不久出现严重的右向左分流和呼吸困难,该问题在医源性房间隔缺损关闭后消失。Jasper 等<sup>[28]</sup>报道了 1 例应用冷冻球囊行肺静脉隔离的医源性房间隔缺损患者,消融后不久出现心房间双向分流、右心衰竭和呼吸困难。于术后 17 个月关闭了医源性房间隔缺损,上述症状逐渐消失。Nagatomi 等<sup>[29]</sup>则报道了 1 例反复导管消融所致持续性医源性房间隔缺损的病例,患者出现了呼吸困难及肺动脉高压,在体外循环下对房间隔缺损进行了外科缝合治疗。通常来说,应立即关闭那些高风险的医源性房间隔缺损,包括直径 $>8$  mm 的大缺损、大的左向右分流、右向左分流伴低氧血症、严重的右室功能不全、矛盾栓塞高风险等<sup>[15]</sup>。Beri 等<sup>[30]</sup>研究分析了经间隔二尖瓣介入治疗后医源性房间隔缺

损封堵的适应证,同样包括较大的难以自发闭合的医源性房间隔缺损( $>10$  mm),较大的左向右分流以及肺动脉高压。

外科手术或经皮导管封堵是目前闭合医源性房间隔缺损的主要手段,并且经皮导管封堵被认为是医源性房间隔缺损封堵的首选方法。目前主要有两种常见的商用房间隔封堵器:雅培公司的 AMPLATZER 房间隔封堵器和戈尔公司的 HELEX/CARDIOFOR 封堵器,有学者认为后者的顺应性及柔韧性较前者更好。然而,HELEX/CARDIOFOR 封堵器仅被批准用于关闭直径 $<18$  mm、厚度 $<8$  mm 的房间隔缺损,建议的装置尺寸是房间隔缺损直径的两倍(2:1 比率)。闭合较大的房间隔缺损仍需要使用 AMPLATZER 封堵器来进行治疗,并且该装置的大小应与定值球囊测量的缺损大小相符<sup>[3,13]</sup>。医源性房间隔缺损的封堵并不是没有风险的,有关医源性房间隔缺损封堵后患者的临床数据同样有限。需要对医源性房间隔缺损封堵的意义进行前瞻性研究,以充分了解医源性房间隔缺损的潜在机制和影响,并确定可能从中获益的患者。

综上所述,随着房颤导管消融以及各种心脏介入治疗应用的越来越多,消融后医源性房间隔缺损的发生率可能将进一步增加。然而,对于导管消融术后医源性房间隔缺损的潜在机制和临床意义仍知之甚少。需要进一步的研究以明确医源性房间隔缺损的发生情况、预测因素、临床意义与治疗。

#### 参考文献

- [1] Mansour M, Heist EK, Agarwal R, et al. Stroke and cardiovascular events after ablation or antiarrhythmic drugs for treatment of patients with atrial fibrillation [J]. *Am J Cardiol*, 2018, 121(10): 1192-1199.
- [2] Hart EA, Zwart K, Teske AJ, et al. Haemodynamic and functional consequences of the iatrogenic atrial septal defect following Mitraclip therapy [J]. *Neth Heart J*, 2017, 25(2): 137-142.
- [3] Wiktor DM, Carroll JD. ASD Closure in Structural Heart Disease [J]. *Curr Cardiol Rep*, 2018, 20(6): 37.
- [4] O'Brien B, Zafar H, De Freitas S, et al. Transseptal puncture-Review of anatomy, techniques, complications and challenges [J]. *Int J Cardiol*, 2017, 233: 12-22.
- [5] Mugnai G, Sieira J, Ciconte G, et al. One year incidence of atrial septal defect after PV isolation: a comparison between conventional radiofrequency and cryoballoon ablation [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2015, 38(9): 1049-1057.
- [6] Davies A, Gunaruwan P, Collins N, et al. Persistent iatrogenic atrial septal defects after pulmonary vein isolation: long-term follow-up with contrast transesophageal echocardiography [J]. *J Interv Card*

- Electrophysiol, 2017, 48(1):99-103.
- [7] Watanabe T, Miyazaki S, Kajiyama T, et al. Persistence of an iatrogenic atrial septal defect after a second-generation cryoballoon ablation of atrial fibrillation[J]. Heart Vessels, 2018, 33(9):1060-1067.
- [8] Linhart M, Werner JT, Stöckigt F, et al. High rate of persistent iatrogenic atrial septal defect after single transseptal puncture for cryoballoon pulmonary vein isolation[J]. J Interv Card Electrophysiol, 2018, 52(2):141-148.
- [9] Chan NY, Choy CC, Yuen HC, et al. A very long-term longitudinal study on the evolution and clinical outcomes of persistent iatrogenic atrial septal defect after cryoballoon ablation[J]. Can J Cardiol, 2019, 35(4):396-404.
- [10] Sieira J, Chierchia GB, Di Giovanni G, et al. One year incidence of iatrogenic atrial septal defect after cryoballoon ablation for atrial fibrillation[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2014, 25(1):11-15.
- [11] Nagy Z, Kis Z, Géczy T, et al. Prospective evaluation of iatrogenic atrial septal defect after cryoballoon or radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation-"EVITA" study [J]. J Interv Card Electrophysiol, 2019, 56(1):19-27.
- [12] Yang Y, Wu J, Yao L, et al. The influence of iatrogenic atrial septal defect on the prognosis of patients with atrial fibrillation between cryoablation and radiofrequency ablation[J]. Biosci Rep, 2020, 40(2):120.
- [13] Alkhouli M, Sarraf M, Holmes DR. Iatrogenic Atrial Septal Defect[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2016, 9(4):e003545.
- [14] Howard SA, Quallich SG, Benscoter MA, et al. Tissue properties of the fossa ovalis as they relate to transseptal punctures: a translational approach[J]. J Interv Cardiol, 2015, 28(1):98-108.
- [15] Alkhouli M, Sarraf M, Zack CJ, et al. Iatrogenic atrial septal defect following transseptal cardiac interventions[J]. Int J Cardiol, 2016, 209:142-148.
- [16] Rich ME, Tseng A, Lim HW, et al. Reduction of iatrogenic atrial septal defects with an anterior and inferior transseptal puncture site when operating the cryoballoon ablation catheter[J]. J Vis Exp, 2015, 20(100):e52811.
- [17] Anselmino M, Scaglione M, Battaglia A, et al. Iatrogenic atrial septal defects following atrial fibrillation transcatheter ablation: a relevant entity? [J]. Europace, 2014, 16(11):1562-1568.
- [18] Chan NY, Choy CC, Lau CL, et al. Persistent iatrogenic atrial septal defect after pulmonary vein isolation by cryoballoon: an under-recognized complication[J]. Europace, 2011, 13(10):1406-1410.
- [19] Eshcol J, Wimmer AP. Hemodynamically significant iatrogenic atrial septal defects after cryoballoon ablation[J]. HeartRhythm Case Rep, 2019, 5(1):17-21.
- [20] Aznaouridis K, Hobson N, Rigg C, et al. Emergency percutaneous closure of an iatrogenic atrial septal defect causing right-to-left shunt and severe refractory hypoxemia after pulmonary vein isolation[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2015, 8(11):e179-e181.
- [21] Lee A, Mahadevan VS, Gerstenfeld EP. Iatrogenic atrial septal defect with right-to-left shunt following atrial fibrillation ablation in a patient with arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy [J]. Heart-Rhythm Case Rep, 2018, 4(4):159-162.
- [22] Kawaji T, Kaneda K, Kato M, et al. Iatrogenic atrial septal defect causing position-dependent hypoxemia [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2020, 13(17):2081-2082.
- [23] Schueler R, Öztürk C, Wedekind JA, et al. Persistence of iatrogenic atrial septal defect after interventional mitral valve repair with the MitraClip system: a note of caution[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2015, 8(3):450-459.
- [24] Kato Y, Hayashi T, Kato R, et al. Migraine-like headache after transseptal puncture for catheter ablation: a case report and review of the literature [J]. Intern Med, 2019, 58(16):2393-2395.
- [25] 冯坤, 邓芸, 王慧娟, 等. 超声技术在卵圆孔未闭右向左分流检测中的应用进展[J]. 临床心血管病杂志, 2019, 35(7):590-594.
- [26] Devarakonda SB, Mannuva BB, Durgaprasad R, et al. Real time 3D echocardiographic evaluation of iatrogenic atrial septal defects after percutaneous transvenous mitral commissurotomy[J]. J Cardiovasc Thorac Res, 2015, 7(3):87-95.
- [27] Baumgartner H, Bonhoeffer P, De Groot NM, et al. ESC Guidelines for the management of grown-up congenital heart disease (new version 2010) [J]. Eur Heart J, 2010, 31(23):2915-2957.
- [28] Jasper R, Oren J, Blankenship JC. Percutaneous closure of persistent atrial septal defects after pulmonary vein isolation [J]. Cardiovasc Revasc Med, 2019, 20(11):1020-1022.
- [29] Nagatomi S, Matsumoto K, Imada R, et al. Iatrogenic atrial septal defect caused by repeated catheter ablation[J]. Asian Cardiovasc Thorac Ann, 2020, 28(9):598-600.
- [30] Beri N, Singh GD, Smith TW, et al. Iatrogenic atrial septal defect closure after transseptal mitral valve interventions: Indications and outcomes [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2019, 94(6):829-836.