

【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2024.02.001

述 评

影像学在卵圆孔未闭临床诊断和介入封堵中的应用

马晓海, 吴文辉, 张臣, 鹿冠玉



基金项目: 国家自然科学基金面上项目(82071875);北京市自然科学基金面上项目(7212025)

作者单位: 100029 北京,首都医科大学附属北京安贞医院介入诊疗科(马晓海、张臣、鹿冠玉),瓣膜介入中心(吴文辉)

通信作者: 马晓海, E-mail: maxi8238@yahoo.com

【摘要】 卵圆孔未闭(PFO)近年来已经逐渐成为临床热点之一,其引起的反常栓塞、不明原因头痛、头晕等神经系统症状逐渐受到广泛的重视,特别是 PFO 的诊断和介入封堵治疗涉及神经科、影像科、介入科等多学科医生团队的配合,国内近年来也有多项相关的指南发布。文章就近年来包括超声、心脏计算机断层扫描、数字减影血管造影等多种影像技术在 PFO 诊断和介入封堵中的应用进行述评。

【关键词】 卵圆孔未闭;介入封堵术;影像学

【中图分类号】 R541.1 【文献标识码】 A

The application of imaging techniques in the clinical diagnosis and transcatheter closure of patent foramen ovale Ma Xiaohai*, Wu Wenhui, Zhang Chen, Lu Guanyu. * Department of Interventional Diagnosis and Therapy, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100020, China

Corresponding author: Ma Xiaohai, E-mail: maxi8238@yahoo.com

Funding program: National Natural Science Foundation of China (82071875); Beijing Natural Science Foundation (7212025)

【Abstract】 Patent foramen ovale (PFO) has increasingly come to clinical focus in recent years. Notably, paradoxical embolism, unexplained headaches, and episodes of dizziness related to PFO have garnered increasing attention. The diagnosis and transcatheter closure treatment of PFO require the collaboration of a multidisciplinary team, encompassing neurology, radiology, and interventional therapy. Several relevant guidelines have been issued domestically in recent years. This article reviews the utilization of various imaging technologies, including echocardiography, computed tomography, and digital subtraction angiography, in the diagnosis and transcatheter closure of PFO.

【Key words】 Patent foramen ovale; Transcatheter closure; Radiology

卵圆孔位于房间隔中下部,该通道在胎儿时期是含氧胎盘血进入胎儿动脉循环的重要途径。出生后,随着左心房压力增加,卵圆孔功能性闭合,并在 1 年内解剖性闭合。3 岁后卵圆孔仍未闭合称卵圆孔未闭(patent foramen ovale, PFO),成人 PFO 发生率可达 20%~25%^[1]。多项研究证实,PFO 与隐源性卒中、偏头痛等临床综合征密切相关,介入封堵术治疗 PFO 较单纯药物治疗获益更大^[2-7]。一般认为,PFO 的诊断和封堵治疗涉及神经内科、超声科、影像科和介入诊疗等多学科团队,提倡多学科模式对该疾病的联合诊治。本文将从不同影像学检查在 PFO 介入封堵术中的应用进展及未来可能的发展方向进行阐述。

1 PFO 的术前诊断和评估

1.1 超声心动图 经胸超声心动图(transthoracic echocardiography, TTE)与经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)均可用于评价房间隔的解剖结构和房间隔分流。TTE 具有无创、操作简便等优点,但其扫描获得的图像分辨率较低,难以准确诊断 PFO 及测量其大小。而 TEE 可以清楚地

对 PFO 进行定位,评估其形状、边缘长度,并测量静息状态和开放状态下的直径。此外,TEE 可以有效评估简单型和复杂型 PFO^[8-9]。复杂型 PFO 的解剖特征包括长隧道(长度 ≥ 8 mm)、继发间隔增厚(厚度 > 10 mm)、合并房间隔膨出瘤、欧氏瓣过长、左心房侧多出口等。

1.2 右心声学造影 TEE 结合右心声学造影(agitated saline contrast echocardiography, ASCE)及充分的激发试验是识别心内分流的金标准^[10]。如果在右心房显影完全后的 3~6 个心动周期内,左心房中出现振荡生理盐水声学造影剂(agitated saline contrast, ASC),则可认为存在心内分流,如 PFO。若观察到 ASC 穿过房间隔卵圆孔,则可直接诊断 PFO。如果分流显示不清晰或分流位于非当前视图中,3~6 个心动周期内左心房中的 ASC 显影可作为诊断 PFO 的替代指标。若左心房中的 ASC 显影出现在 6 个心动周期后,应考虑其他来源,如肺动静脉瘘等^[10-11]。

1.3 心脏计算机断层扫描 心脏计算机断层扫描(computed tomography, CT)在检测 PFO 在内的心脏栓塞源方面与 TEE 表现相当^[12]。PFO 在 CT 影像中的表现为:(1)房间隔中央区域

可见皮瓣结构;(2)房间隔内可见通道结构;(3)房间隔通道内对比剂喷射入右心房,同时满足(1)+(2)或(1)+(3)时即可做出诊断^[13]。心脏 CT 可“一站式”评估冠状动脉和心肺结构,还可为介入封堵术中卵圆孔的定位提供较准确的指导。未来,可对脑卒中原因不明,特别是 TEE 检查困难的患者进行全心周期心脏 CT 检查,以确定是否伴有 PFO。

1.4 头颅磁共振成像 PFO 所致隐匿性脑卒中具有特异性的磁共振影像特征^[14-17],主要包括:(1)单个皮质病灶或多血管支配的多发散在小梗死灶;(2)多分布于后循环区域,易累及小脑上动脉及大脑后动脉。当在头颅磁共振图像中发现上述特征性影像表现时,应警惕是否合并 PFO,梗死模式可成为寻找病因的线索。

2 PFO 介入封堵术中的引导

目前,治疗 PFO 的主要方法为经皮介入 PFO 封堵,根据术中引导方式的不同主要分为射线引导和超声心动图引导。

2.1 射线引导 射线引导经皮介入封堵 PFO 为应用最广泛的手术方式之一,主要优点在于其无需全身麻醉,技术相对成熟,且疗效确切^[18]。然而,X 线的辐射损伤以及对心脏解剖结构和血流动力学显示能力上较超声心动图仍有缺陷。

2.2 超声心动图引导 为避免辐射暴露带来的弊端,超声引导下介入手术治疗结构性心脏病已成为热点,超声心动图引导下的经皮介入封堵 PFO 在临床上已成为许多医生的首选手术方式,且随着学科交叉的不断深入,技术规范也日益完善^[19]。

2.2.1 经食管超声心动图引导:TEE 引导介入封堵 PFO 具有显著优势:首先,此方式可以避免射线辐射且无需造影剂,可有效保护患者和手术操作人员;其次,TEE 可以实时高分辨率成像,在术中对房间隔及周围结构、封堵器和导管进行即时评估,以指导复杂的手术过程。然而 TEE 引导需患者在全身麻醉和气管插管的状态下进行手术,这极大限制了其使用。

2.2.2 经胸超声心动图引导:TTE 引导的 PFO 介入封堵术临床应用前景广阔,此方式有效克服了 TEE 引导需要全身麻醉的局限性,现仍处于学科前沿。该技术的可行性及安全性已得到证实^[20]。但与 TEE 及心腔内超声心动图(intracardiac echocardiography,ICE)相比,TTE 不适用于体型较肥胖的患者,且对房间隔下缘组织的评估能力有限。因此,此术式在临床上的应用仍相对较少。但对于中等体型且无复杂解剖结构的 PFO 患者,应积极考虑此术式,以最大限度地提高患者获益。

2.2.3 心腔内超声心动图引导:ICE 引导的经皮介入封堵 PFO 具有独特优势,其具备与 TEE 相仿的高质量心脏结构显像能力,还可以同 TTE 一样避免全身麻醉与气管插管相关风险。目前,限制 ICE 临床推广的主要原因为相关设备与器材费用高昂。此外,该技术相关临床数据有限,技术学习难度较大,学习曲线较长。尽管如此,与 TEE 引导不同,ICE 可由心脏介入医师独立操作完成,无需另请超声科医师协助。随着 ICE 探头技术的发展,价格亦逐步下调,ICE 在引导心脏疾病介入治疗中具有广阔的应用前景。

3 PFO 封堵术后的影像随访

目前,指南推荐术后 24 h、1、3、6、12 个月及每年复查超声

心动图和心电图,必要时进行 TTE 右心声学造影或经颅多普勒超声造影检查^[21]。具体评估内容为封堵器位置、有无封堵器血栓及心脏结构。术后 6 个月应作 TTE 右心声学造影或经颅多普勒超声造影检查,判断有无右向左分流。若发现中至大量右向左分流,继续随访观察,1 年时再次复查 TTE 右心声学造影或经颅多普勒超声造影检查,若仍为中至大量右向左分流,常规行 TEE 检查。当有临床症状时,行心电图或动态心电图检查^[12]。

4 研究方向及技术展望

介入技术的不断进步与发展使结构性心脏病的治疗发生了颠覆性的变化。TEE 引导的经皮介入 PFO 封堵技术日益成熟,在此基础上发展而来的 3D-TEE 技术进一步提高了心脏成像水平,其安全性及有效性均得到初步验证。此外,一种经鼻腔进入食管并释放超声探头从而实现 TEE 引导介入治疗的方法被提出^[22]。虽然目前该技术应用范围较局限,但其有效克服了传统 TEE 引导需全身麻醉的主要缺陷,将成为研究的重要方向和热点课题。随着 AcuNav-V 导管的不断迭代升级,3D-ICE 有望成为新的、复杂介入技术的首选成像方式。此外,He 等^[23]利用 3D 打印技术获得心脏模型,并在此基础上通过模拟确定了最佳介入封堵手术方案,成功完成 5 例静脉窦型房间隔缺损的介入封堵治疗。3D 打印技术的成熟及应用推动了介入治疗的发展,许多复杂性结构性心脏病(包括复杂型 PFO)及既往仅可开胸手术治疗的特殊病例将得到更有效的治疗。

参考文献

- [1] 中华医学会心血管内科分会,中国医师协会心血管内科分会.卵圆孔未闭预防性封堵术中国专家共识[J].中国循环杂志,2017,32(3):209-214.DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2017.03.001.
- [2] Mas JL,Derumeaux G,Guillon B,et al.Patent foramen ovale closure or anticoagulation vs. antiplatelets after stroke[J].N Engl J Med,2017,377(11):1011-1021.DOI:10.1056/NEJMoa1705915.
- [3] Sondergaard L,Kasner SE,Rhodes JF,et al.Patent foramen ovale closure or antiplatelet therapy for cryptogenic stroke[J].N Engl J Med,2017,377(11):1033-1042.DOI:10.1056/NEJMoa1707404.
- [4] Saver JL,Carroll JD,Thaler DE,et al.Long-term outcomes of patent foramen ovale closure or medical therapy after stroke[J].N Engl J Med,2017,377(11):1022-1032.DOI:10.1056/NEJMoa1610057.
- [5] Lee PH,Song JK,Kim JS,et al.Cryptogenic stroke and high-risk patent foramen ovale:The defense-pfo trial[J].J Am Coll Cardiol,2018,71(20):2335-2342.DOI:10.1016/j.jacc.2018.02.046.
- [6] Mattle HP,Evers S,Hildick-Smith D,et al.Percutaneous closure of patent foramen ovale in migraine with aura,a randomized controlled trial[J].Eur Heart J,2016,37(26):2029-2036.DOI:10.1093/eurheartj/ehw027.
- [7] Rayhill M,Burch R.PFo and migraine:Is there a role for closure[J].Curr Neurol Neurosci Rep,2017,17(3):20.DOI:10.1007/s11910-017-0730-5.
- [8] 张玉顺,蒋世良,朱鲜阳.卵圆孔未闭相关卒中预防中国专家指南[J].心脏杂志,2021,32(1):1-10.DOI:10.12125/j.chj.202101022.
- [9] Rana BS,Shapiro LM,McCarthy KP,et al.Three-dimensional imaging

- of the atrial septum and patent foramen ovale anatomy: Defining the morphological phenotypes of patent foramen ovale [J]. *Eur J Echocardiogr*, 2010, 11(10): i19-i25. DOI: 10.1093/ejechocard/jeq122.
- [10] Bernard S, Churchill TW, Namasivayam M, et al. Agitated saline contrast echocardiography in the identification of intra- and extracardiac shunts: Connecting the dots [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2021, 34(1): 1-12. DOI: 10.1016/j.echo.2020.09.013.
- [11] Silvestry FE, Cohen MS, Arnsby LB, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of atrial septal defect and patent foramen ovale: From the American Society of Echocardiography and Society for Cardiac Angiography and Interventions [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(8): 910-958. DOI: 10.1016/j.echo.2015.05.015.
- [12] Yoo J, Yang JH, Choi BW, et al. The frequency and risk of preclinical coronary artery disease detected using multichannel cardiac computed tomography in patients with ischemic stroke [J]. *Cerebrovasc Dis*, 2012, 33(3): 286-294. DOI: 10.1159/000334980.
- [13] 周娣, 马小静, 熊青峰, 等. 双源冠状动脉 CT 血管造影在卵圆孔未闭诊断中的价值分析 [J]. *中国循环杂志*, 2022, 37(9): 935-939. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2022.09.011.
- [14] Kim BJ, Sohn H, Sun BJ, et al. Imaging characteristics of ischemic strokes related to patent foramen ovale [J]. *Stroke*, 2013, 44(12): 3350-3356. DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.002459.
- [15] Ryoo S, Chung JW, Lee MJ, et al. An approach to working up cases of embolic stroke of undetermined source [J]. *J Am Heart Assoc*, 2016, 5(3): e002975. DOI: 10.1161/JAHA.115.002975.
- [16] 王豪, 孙园园, 邓雅琴, 等. 隐源性缺血性脑卒中合并卵圆孔未闭的临床及影像学检查分析 [J]. *中国现代医学杂志*, 2019, 29(1): 67-70. DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2019.01.012.
- [17] 李福荣, 隋晓雯, 张美艳, 等. 卵圆孔未闭分流量、解剖特点与隐源性脑卒中影像学特点的相关性 [J]. *卒中与神经疾病*, 2022, 29(4): 324-329. DOI: 10.3969/j.issn.1007-0478.2022.04.004.
- [18] Manolis AS, Koulouris S, Rouska E, et al. Simplified percutaneous closure of patent foramen ovale and atrial septal defect with use of plain fluoroscopy: Single operator experience in 110 consecutive patients [J]. *Indian Heart J*, 2018, 70(1): 24-31. DOI: 10.1016/j.ihj.2017.07.020.
- [19] Rat N, Muntean I, Opincariu D, et al. cardiovascular imaging for guiding interventional therapy in structural heart diseases [J]. *Curr Med Imaging Rev*, 2020, 16(2): 111-122. DOI: 10.2174/1573405614666180612081736.
- [20] 杨滔, 欧阳文斌, 赵广智, 等. 单纯经胸超声心动图引导下经皮卵圆孔未闭封堵术的临床研究 [J]. *中国循环杂志*, 2019, 34(1): 77-80. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2019.01.012.
- [21] 国家卫生健康委员会国家结构性心脏病介入质量控制中心, 国家心血管病中心结构性心脏病介入质量控制中心, 中华医学会心血管病学分会先天性心脏病介入治疗指南工作组等. 常见先天性心脏病经皮介入治疗指南 (2021 版) [J]. *中华医学杂志*, 2021, 101(38): 3054-3076. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20210730-01696.
- [22] Sun W, Wang B, He L, et al. Feasibility and safety of transnasal transesophageal echocardiography guiding left atrial appendage closure without general anesthesia [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2020, 13(9): 2043-2044. DOI: 10.1016/j.jcmg.2020.03.005.
- [23] He L, Cheng GS, Du YJ, et al. Feasibility of device closure for multiple atrial septal defects with an inferior sinus venosus defect: Procedural planning using three-dimensional printed models [J]. *Heart Lung Circ*, 2020, 29(6): 914-920. DOI: 10.1016/j.hlc.2019.07.004.

(收稿日期: 2023-10-12)

作者 · 编者 · 读者

“诊疗指南、专家共识解读”专栏征稿

近年来, 各类疾病的诊断治疗趋于规范化、标准化, 相应的诊疗指南、专家共识也层出不穷, 对该类临床诊疗指南及专家共识进行深度权威解读, 可为国内同行提供相关参考证据, 有助于临床医师更好地学习、理解并应用于临床实践, 有利于规范临床诊疗活动, 提高医疗服务水平。《疑难病杂志》近年组织策划了“中国专家共识”“指南解读”等栏目, 邀请相关专家组织了一系列专栏文章, 收到良好的效果, 文章获得较高的下载率和引用率。2024 年本刊继续面向广大专家学者进行征稿, 对最新修订的诊疗指南、专家共识进行解读, 其内容包括: 指南形成背景、指南重点内容解读、指南主要亮点等, 字数 4 000~6 000 字。稿件一经专家审定, 即可在《疑难病杂志》当期发表, 稿酬从优, 欢迎踊跃赐稿。

投稿邮箱: ynbzz@163.com, 联系电话: (0311) 85901735