

·综述·

房间隔穿刺技术:解剖、器械和方法

喻荣辉¹ 乔青¹ 李嘉²¹首都医科大学附属北京安贞医院心内科 100029; ²温州医科大学附属第二医院心内科 325027

通信作者:喻荣辉, Email: ronghuiyu@vip.sina.com

【摘要】 房间隔穿刺术是介入心脏病学最常用的技术之一,近年来随着三维电学的发展,临床上对房间隔穿刺术有了新的认识。解剖方面,卵圆窝电位的发现体现了电学方法对解剖学的重建,有助于将“房间隔识别并穿刺”转化为“卵圆窝识别并穿刺”。器械方面,新近出现的射频针和穿刺导丝可以易化穿刺过程。方法学上,三维电解剖标测方法和X线方法相比,前者呈现三维化视角,通过电位标测能够精确定位卵圆窝,提升了穿刺成功率;后者不需配备电解剖标测系统,不需要预先标测,操作较为简洁。三维电解剖标测方法和超声方法相比,前者能够标测卵圆窝最中心位置,定位精准,同时也能实时追踪穿刺针尖;后者解剖层次清晰,但只能展现二维界面,由于需要增加超声设备,花费也较多。虽然大多数情况下X线指导的房间隔穿刺术是安全有效的,而超声的辅助定位作用能够提高安全性,但新近出现的三维电解剖标测技术是更适用的无射线房间隔穿刺方法。

【关键词】 心律失常; 导管消融; 房间隔穿刺; 三维电解剖标测

Transseptal puncture: anatomy, instruments and methods

Yu Ronghui¹, Qiao Qing¹, Li Jia²¹ Department of Cardiology, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China;² Department of Cardiology, the Second Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou 325027, China

Corresponding author: Yu Ronghui, Email: ronghuiyu@vip.sina.com

房间隔穿刺术(transseptal puncture, TSP)始于1958年,初始用于左心导管和左心室压力测量^[1],20世纪80年代以后得到推广,并随着经皮二尖瓣治疗和心房颤动(房颤)导管消融治疗的发展成为常规技术,在21世纪迅速普及起来^[2]。目前TSP已成为介入心脏病学最常用的技术之一,用于左心系统心律失常治疗、左心耳闭合、经皮左心室辅助装置置入和各种二尖瓣病变手术等。近年来随着房颤导管消融治疗的飞速发展,对TSP技术的要求达到了一个新的高度,不仅要求术者能够穿刺通过房间隔,还要求穿刺到最佳位点,提高手术的安全性和有效性。鉴于此,本文综述了TSP技术解剖、器械和方法的新进展。

一、房间隔的解剖学再认识

房间隔位于左右心房之间,由2层心内膜及少量心肌和结缔组织构成,除卵圆窝以外的肌性部分厚度为3~

4 mm^[3]。卵圆窝的组织最薄,中央部位仅1 mm左右,因此是进行TSP的理想位置。卵圆窝在心脏中的位置存在很大的个体差异,横位心患者卵圆窝位置较正常低,而垂位心患者卵圆窝位置较正常高,左心房高右心房低的患者卵圆窝面积很小,房间隔膨出瘤、巨大主动脉窦、永存左上腔静脉、先天性心脏病、右位心、直背综合征等患者卵圆窝位置均与常规不同。

X线是二维影像,对内脏的分辨率有限,所以X线识别卵圆窝比较困难,通常需要借助相邻结构如房室沟、心房影、脊柱等的大致轮廓和介入器械的指引进行识别。为了更好地反映解剖学细节,超声技术的辅助作用日益得到认可,心腔内超声探头在纵切面上扫描到左侧肺静脉区域时能够清晰地反映出穿刺组件和房间隔的解剖关系^[4]。近年来电影影像学的发展更新了对卵圆窝的解剖学认识,研究发

DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20200709-00545

收稿日期 2020-07-09 本文编辑 范姝婕

引用本文:喻荣辉,乔青,李嘉.房间隔穿刺技术:解剖、器械和方法[J].中华心血管病杂志,2020,48(9):794-798. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20200709-00545.



现卵圆窝具有特殊电位特征,这为精准定位卵圆窝提供了新思路。Yu 等^[5]对 276 例首次进行房颤射频消融的患者进行了卵圆窝的三维电学标测,发现卵圆窝形态可以通过电学构建出来,圆形、椭圆形、火山口形和不规则形 4 种形态分别占 45%、37%、15% 和 3%。该研究强调电学对解剖学的重建作用,也符合实体解剖学的情形。

二、房间隔穿刺的器械沿革

1. 标准器械:目前使用的 TSP 针是对传统 Brockenbrough 穿刺针的改进,在穿刺针头部增加了一个更小的 21 号针。标准成人房间隔 TSP 穿刺针在远端弯曲区和针轴之间有 19° 夹角,有助于穿刺针和房间隔的贴靠。

通过静脉通路,鞘管和扩张器经导丝引导到达上腔静脉水平,然后将导丝交换成房间隔穿刺针。在房间隔穿刺针基本到时取出针芯,用三通旋塞将针柄连接到压力传感器上,以便进行压力检测、血液取样和对比剂注射。术者可以从针柄连接的单相压力波形确认组件尖端和卵圆窝之间的接触。通过针头注射对比剂可以显示卵圆窝的“帐篷”征。TSP 针从组件的尖端慢慢地推进到隔膜中,可以感知到穿过隔膜进入左心房的突破感。左心房穿刺成功可通过经针头的压力传导、吸入含氧血和注射对比剂等来确认。

房间隔的各种形态变化(弹性、瘤性、纤维化、间隔闭塞装置的存在)或周围结构(大小心房、主动脉根部扩张、胸椎畸形)对 TSP 的成功率提出了独特的挑战,即使对有经验的医生也是如此^[6-7]。在置入房间隔闭塞装置的患者中进行 TSP 时,采用其他辅助器械可以易化穿刺过程,Sang 等^[8]报道针尖穿刺通过房间隔后使用冠脉球囊扩大穿刺通道是一种可替代的方法。

2. 射频穿刺针:常规 TSP 有困难时,在标准 Brockenbrough 针尖上使用电烙术已成功地应用于穿刺难度较大的患者,当针头穿过间隔需要额外的压力时,使用电烙术通常可以将过度突破和误穿左心房壁后部的风险降到最低。将 Brockenbrough 穿刺针近端与单极电烙相连,给予 15~20 W 射频能量 1~2 s,不需要用力推送穿刺针即可轻松通过房间隔,这一方法的缺点是穿刺针远端针腔可能会切割下组织小颗粒,引起动脉栓塞的风险。与其他特殊的针头相比,电烙术的成本较低,当常规 TSP 方法在 3 次以上的尝试中未能成功时,电烙术可作为一种替代方法^[9-10]。

特制的射频穿刺针头端为没有空腔的钝端,距离头端 2 mm 处有侧孔用于测量压力和注入液体,其穿刺时释放 10 W 的射频能量 2 s,大多数情况下一次即可通过间隔,少数情况下需要多次释放射频能量。使用射频穿刺针极大减小了穿刺时需要的机械推力,能够避免由于惯性穿破左心房后壁,当存在房间隔补片或封堵器、房间隔脂肪瘤性增生以及房间隔膨出瘤等特殊情况时可以显著提高操作的成功率和安全性,并且没有远端针腔的设计也避免了对鞘管的刮削形成“刨花”以及切割房间隔产生组织颗粒^[11-13]。

3. 穿刺导丝:Safesept 是特殊设计的镍钛合金导丝,具有预制“J”形的可弯曲锋利尖端,可置入 Brockenbrough 穿

刺针腔内,当穿刺针完成定位,向前推送 Safesept 导丝即可轻松穿过房间隔,之后继续推送导丝将其头端将变成预制的“J”形,可以避免其尖端损伤心房游离壁,不需更换普通导丝即可安全地直接引导穿刺鞘管进入左心房。Safesept 锋利的镍钛合金尖端比传统的房间隔穿刺针具有更强的穿透力,当存在房间隔补片或封堵器、房间隔脂肪瘤性增生以及房间隔膨出瘤的情况时优势明显^[14-16]。

三、房间隔穿刺方法学

1. X 线指导的房间隔穿刺:Ross 等^[1]创立了 X 线指导下 TSP 的经典方法,以此为基础又进行了多次改良。在马长生等^[17]推广下右前斜(right anterior oblique, RAO)45° 透视指引的房间隔穿刺在临床上广泛应用,这一方法以冠状静脉窦电极的最低点代表左心房下缘,CS 电极为房室沟影或左房前部边界,而心房影作为后缘。准备穿刺时将整个穿刺组件向后旋转,使针的箭头指向大约 4、5 点钟的位置,然后下撤。下撤过程中术者手感至关重要。第一个落空感是穿刺组件进入右心房,第二个落空感是组件从较厚的卵圆窝肌内边缘落入卵圆窝中心。近年来有研究者使用改良的 RAO 45° 透视指引房间隔穿刺^[18],其特点是将 CS 标测电极远端置于左前斜(right anterior oblique, LAO)30° 下 3 点钟位置作为指引,正位透视下穿刺点高度为 CS 远端电极相同水平,以 RAO 45° 下以心影后缘与 CS 电极远端之间连线的中点作为穿刺点。

对于主动脉根部显著增粗的患者或间隔位置狭小的儿童患者,可将猪尾导管放置在主动脉根部作为标志以避免误穿,使用希氏束电极导管头端作为标志也有一定的帮助。此外,还有将穿刺针尾部与心电图胸导联电极相连记录房间隔心电图的辅助方法,当观察到房间隔心电图 AV 段所示损伤电流突然变小或消失即为卵圆窝^[19-20]。

对于常规方法穿刺失败的患者可在 RAO 45° 进行下腔静脉造影,对比剂充填的右心房、右心室流入道和右心室流出道之间围绕的无充填区域是主动脉根部及相邻组织,RAO 45° 下合适的穿刺点在右心房的中间、无冠窦的后下方、CS 口的后上方^[21]。此外,房间隔对比剂染色穿刺法可以显示卵圆窝被顶起的“帐篷”征和穿刺针与房间隔的相对位置^[22]。

由于 X 线影像的分辨率有限以及二维图像的误导性,在存在解剖变异的病例中容易穿刺失败甚至引起严重并发症。使用左心房旋转造影指导房间隔穿刺,将 X 线透视图像与 CT 三维重建图像或三维经食管超声心动图融合指导房间隔穿刺可以在一定程度上克服上述缺点^[23-25]。

2. 超声指导的房间隔穿刺:超声技术包括经食管心脏超声和心腔内超声,能实时显示卵圆窝、毗邻解剖结构以及穿刺针鞘。通常做法是将超声技术配合 X 线使用指导房间隔穿刺。以心腔内超声为例^[26]:穿刺组件操作方法同 X 线下步骤,落入卵圆窝时超声可见针尖顶起组织的“帐篷”征,若“帐篷”征出现在左心耳扇面则偏前,若出现在左心房后壁扇面则偏后,确定“帐篷”征出现在左肺静脉扇面后出针,

针进入左心房后注射生理盐水可见“水泡”征。

超声指导下的房间隔穿刺能减少 X 线暴露,提高解剖复杂病例的成功率并保证安全性。但是缺点在于其实质为二维技术,术者的观察角度非常依赖超声切面,广视角精确评估局部位置以及实时追踪穿刺组件头端常有困难,实际很难做到完全无射线操作。

3. 电解剖标测(electroanatomic mapping, EAM)指导的房间隔穿刺:2015 年北京安贞医院最早在 EAM 系统指导下进行零射线 TSP 并得到成功^[27]。其后逐渐有类似技术出现,但除了国内绿色电生理联盟医院以外,多数研究者是将 EAM 作为 X 线或者超声技术的辅助手段^[28-31];有一家德国电生理中心虽然也可单纯使用 EAM 指导穿刺,但由于其使用环状标测电极未能成功标测出卵圆窝电位(成功率仅 33%)并定位卵圆窝,穿刺时主要依靠卵圆窝的顶出特征,实践意义较低^[32]。

Yu 等^[5]于 2020 年 5 月将 EAM 方法学进行更新,建立了电学指导下的三维 TSP 技术,该技术完全不依赖 X 线以及超声,是真正具有实践意义的三维 TSP 技术。要点包括:(1)体表定位技术。胸廓骨性标志用三维系统定位,用于在无射线操作开始阶段大体指导导丝或者导管位于心内的相应位置。(2)构建右心房三维模型并标记卵圆窝电位。标记三尖瓣环、希氏束、冠状静脉窦、上腔静脉、下腔静脉等的特征性空间解剖位置,重点构建间隔面,并用压力大头在带压条件下标记卵圆窝电位。(3)导丝和房间隔穿刺针的可视化。将导丝或穿刺针标记为一个二极电极,并将其实时位置显示在三维视窗中。用大头标测卵圆窝电位时注意体会导管滑入卵圆窝的落空感。

在 276 例 EAM 指导的 TSP 患者中,不论窦性心律或房颤心律,卵圆窝电位标出总成功率为 97%,卵圆窝中心电位振幅(0.33 ± 0.21)mV,卵圆窝周边肌层电位振幅(1.70 ± 0.72)mV,差异具有统计学意义($P < 0.001$)。EAM 方法构建的卵圆窝与心腔内超声构建的卵圆窝在 LAO 135°体位上的重合率达 92%,在 LAO 45°体位上的重合率为 82%,后者重合率较低的原因在于导管标测时具有压力,但超声重建时没有压力,而实际操作中穿刺针接触间隔时同样有压力,所以对手术中的指示效果没有影响。房间隔穿刺点选择卵圆窝中心最小电位处,穿刺时操作步骤和 X 线下方法一致,不同之处在于其广视角观察系统从 X 线系统改为三维系统。所有患者穿刺成功率 100%,其中一次性穿刺的成功率达到 91%,相比传统 X 线技术的一次性穿刺成功率 70%~80% 明显提高^[20];2 次及以上穿刺成功者多为中心电位和周围电位差异较小的病例。操作过程中重建右心房以及卵圆窝的时间为(5.70 ± 1.64)min,穿刺过程需要的时间为(1.89 ± 1.53)min^[5]。所有病例在术中以及围术期均未发生心包填塞等严重并发症。

这一原创的全三维房间隔穿刺方法的优点在于充分发挥了现有手术系统的潜力,不依赖射线和超声,不额外增加手术花费,具有精准、高效、安全的特点。介入心脏病专家

Kern 和 Seto^[33]述评也认为该技术是电生理术者非常可信的技术,未来可期。

4. 不同穿刺方法的比较:以上 3 种具有实践意义的穿刺方法各有特点,见表 1。EAM 和 X 线方法相比,前者呈现三维化视角,通过电位标测能够精确定位卵圆窝,极大提升了穿刺成功率,安全性更高;后者不需配备 EAM 系统,不需要预先标测,对穿刺组件能够清晰展示,操作简洁,适用专业更广泛,见图 1。EAM 和超声方法相比,前者能够标测卵圆窝最中心位置,定位更加精准,始终实时追踪针尖,需要的 EAM 设备在大多数电生理中心已经配备;后者更加有直观的感觉,但只能展现二维界面,在针尖快速移动时也难以实时追踪,由于需要增加超声设备,花费也较多,见图 2。

表 1 3 种不同方法指导的房间隔穿刺比较

项目	X 线	超声	EAM 系统
是否需要全麻	否	ICE 不需, TEE 需要	否
是否增加花费	否	ICE 需要, TEE 不需	否
能否直接显示房间隔	否	能, 二维	能, 三维
能否展示相邻解剖	否	能, 直接	能, 间接
能否精准定位穿刺点	否	较精准	最精准
能否实时追踪针尖	能	否	能
是否需要提前标测	否	是	是
是否增加操作时间	否	是	是
是否增加血管穿刺	否	增加	否
是否增加操作助手	否	增加	否
困难病例的成功率	较低	高	高
并发症发生率	较高	低	低
资源配备	DSA	DSA+超声	EAM
专业选择	介入心脏病	介入心脏病	介入电生理

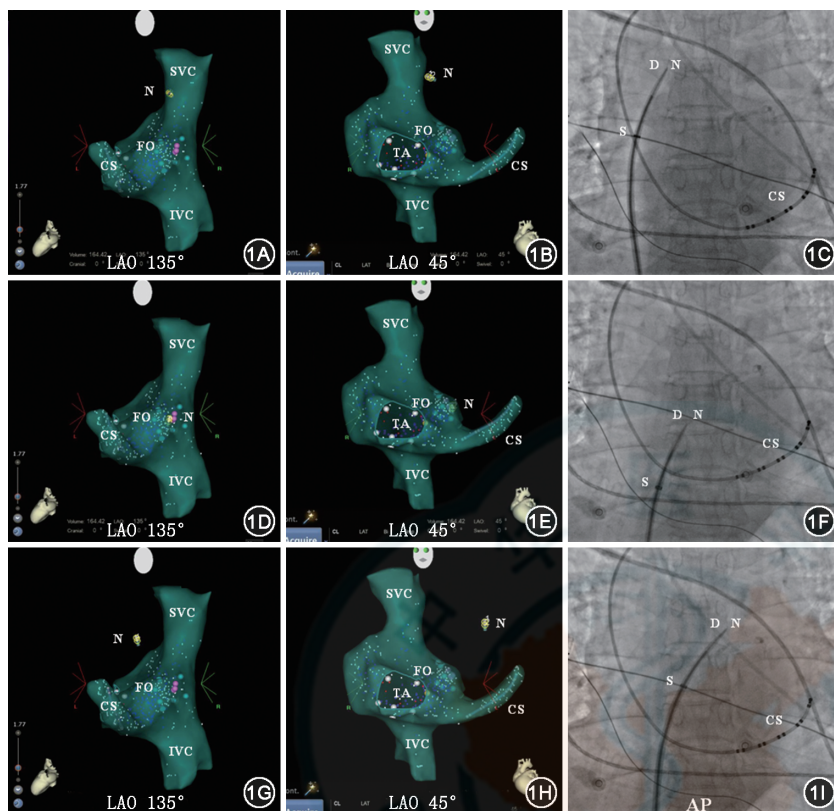
注: EAM 为电解剖标测系统, ICE 为心腔内超声, TEE 为经食道超声, DSA 为数字减影血管造影

综上所述,由于在房颤射频消融术和各种结构性心脏病中的广泛应用, TSP 技术在 21 世纪受到介入心脏病学者们的重视。在熟练掌握解剖结构和介入操作以后,对于心脏结构正常的患者, X 线指导下的 TSP 是安全有效的,对于部分心脏结构异常的情况,经食道超声或心腔内超声有良好的识别作用,但由于超声难以实时追踪穿刺针尖,多用作 X 线的辅助技术。新近出现的三维 TSP 技术,强调卵圆窝电学特征的指导,对于熟悉心脏电学特征的电生理医生是很好的替代手段,熟练的术者能够通过电学特征找到卵圆窝最薄点,化“房间隔穿刺”为“卵圆窝穿刺”,大幅提高穿刺准确性和一次性穿刺成功率,最终将有助于无射线全三维射频技术实现完整的闭环方案。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

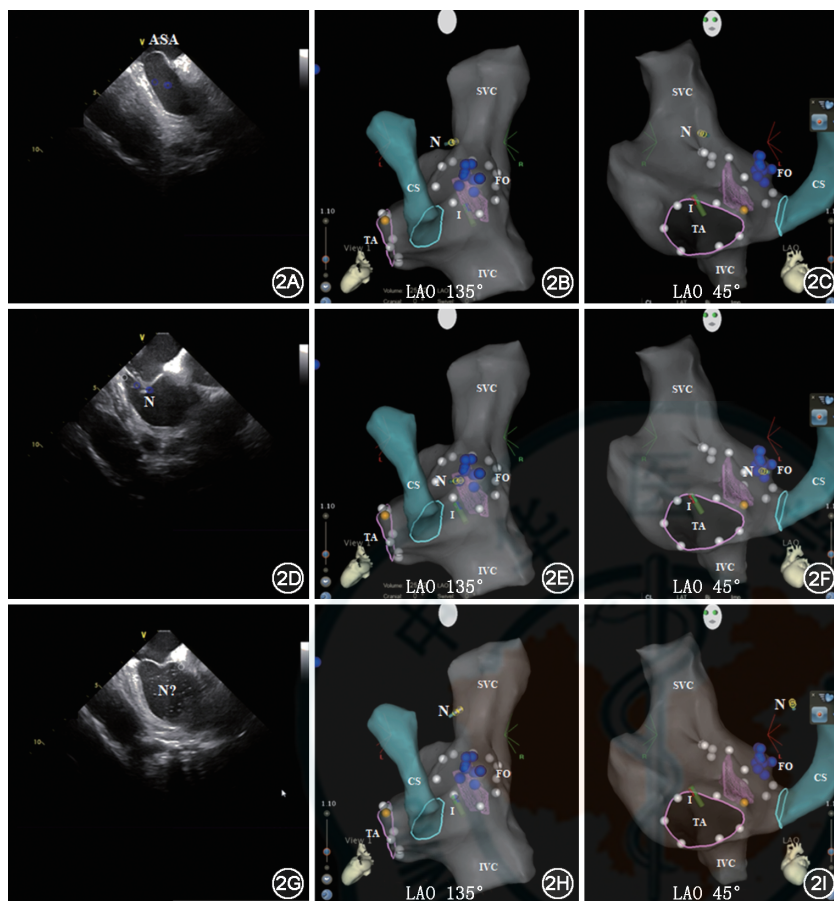
参 考 文 献

- [1] Ross J, Braunwald E, Morrow AG. Transseptal left atrial puncture; new technique for the measurement of left



CS为冠状静脉窦,FO为卵圆窝,SVC为上腔静脉,IVC为下腔静脉,N为穿刺针,TA为三尖瓣环,D为扩张器,S为长鞘,LAO为左前斜位,AP为前后位,EAM为电解剖标测
图1 同一例患者中,同时记录EAM(LAO 135°、LAO 45°)和X线(AP)指导下的房间隔穿刺(图1A~C:穿刺针尖在上腔静脉;图1D~F:穿刺针尖在卵圆窝;图1G~I:穿刺针尖在左心房内;可见EAM对不同解剖结构的展示非常清晰,而X线除了穿刺针鞘以外难以清晰展示)

- atrial pressure in man[J]. Am J Cardiol, 1959, 3(5): 653-655. DOI: 10.1016/0002-9149(59)90347-9.
- [2] Alkhouli M, Rihal CS, Holmes DR. Transseptal techniques for emerging structural heart interventions[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2016, 9(24): 2465-2480. DOI: 10.1016/j.jcin.2016.10.035.
 - [3] Sweeney LJ, Rosenquist GC. The normal anatomy of the atrial septum in the human heart[J]. Am Heart J, 1979, 98(2): 194-199. DOI: 10.1016/0002-8703(79)90221-7.
 - [4] Rosu R, Cismaru G, Muresan L, et al. Intracardiac echocardiography for transseptal puncture. a guide for cardiac electrophysiologists[J]. Med Ultrason, 2019, 21(2): 183-190. DOI: 10.11152/mu-1827.
 - [5] Yu R, Liu N, Lu J, et al. 3-Dimensional transseptal puncture based on electrographic characteristics of fossa ovalis: a fluoroscopy-free and echocardiography-free method[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2020, 13(10): 1223-1232. DOI: 10.1016/j.jcin.2020.03.015.
 - [6] Gul EE, Baranchuk A, Glover BM. A Guide to transseptal access[J]. Can J Cardiol, 2017, 33(4): 544-547. DOI: 10.1016/j.cjca.2016.10.014.
 - [7] Klimek-Piotrowska W, Hołda MK, Koziej M, et al. Anatomy of the true interatrial septum for transseptal access to the left atrium[J]. Ann Anat, 2016, 205: 60-64. DOI: 10.1016/j.aanat.2016.01.009.
 - [8] Sang CH, Dong JZ, Long DY, et al. Transseptal puncture and catheter ablation of atrial fibrillation in patients with atrial septal occluder: initial experience of a single centre[J]. Europace, 2018, 20(9): 1468-1474. DOI: 10.1093/europace/eux282.
 - [9] McWilliams MJ, Tchou P. The use of a standard radiofrequency energy delivery system to facilitate transseptal puncture[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2009, 20(2): 238-240. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2008.01323.x.
 - [10] Greenstein E, Passman R, Lin AC, et al. Incidence of tissue coring during transseptal catheterization when using electrocautery and a standard transseptal needle[J]. Circ Arrhythm Electrophysiol, 2012, 5(2): 341-344. DOI: 10.1161/CIRCEP.111.968040.
 - [11] Winkle RA, Mead RH, Engel G, et al. The use of a radiofrequency needle improves the safety and efficacy of transseptal puncture for atrial fibrillation ablation[J]. Heart Rhythm, 2011, 8(9): 1411-1415. DOI: 10.1016/j.hrthm.2011.04.032.
 - [12] Esch JJ, Triedman JK, Cecchin F, et al. Radiofrequency-assisted transseptal perforation for electrophysiology procedures in children and adults with repaired congenital heart disease[J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2013, 36(5): 607-611. DOI: 10.1111/pace.12092.
 - [13] Tokuda M, Yamashita S, Matsuo S, et al. Radiofrequency needle for transseptal puncture is associated with lower incidence of thromboembolism during catheter ablation of atrial fibrillation: propensity score-matched analysis[J]. Heart Vessels, 2018, 33(10): 1238-1244. DOI: 10.1007/s00380-018-1159-8.
 - [14] De Ponti R, Marazzi R, Picciolo G, et al. Use of a novel sharp-tip, J-shaped guidewire to facilitate transseptal catheterization[J]. Europace, 2010, 12(5): 668-673. DOI: 10.1093/europace/euq060.
 - [15] Wadehra V, Buxton AE, Antoniadis AP, et al. The use of a novel nitinol guidewire to facilitate transseptal puncture and left atrial catheterization for catheter ablation procedures[J]. Europace, 2011, 13(10): 1401-1405. DOI: 10.1093/europace/eur155.
 - [16] Stöckigt F, Eberhardt F, Horlitz M. Complication prevention in ablation procedures: How to perform transseptal puncture safely in case of atrial septum aneurysm[J]. HeartRhythm Case Rep, 2019, 5(11): 529-533. DOI: 10.1016/j.hrcr.2019.06.004.
 - [17] 马长生,董建增,刘旭,等.右前斜45°透视指引下房间隔穿刺术方法学评价[J].中国介入心脏病学杂志,2003,11(4): 190-193. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2003.04.007.
 - [18] Yao Y, Ding L, Chen W, et al. The training and learning process of transseptal puncture using a modified



ASA 为房间隔膨出瘤,CS 为冠状静脉窦,FO 为卵圆窝,I 为心腔内超声,IVC 为下腔静脉,N 为穿刺针,SVC 为上腔静脉,TA 为三尖瓣环,LAO 为左前斜位,EAM 为电解剖标测

图 2 同一例 ASA 患者中,同时记录 EAM(LAO 135°、LAO 45°)和超声指导下的房间隔穿刺(图 2A~C:穿刺针尖在上腔静脉;图 2D~F:穿刺针尖在卵圆窝;图 2G~I:穿刺针尖在左心房内;可见超声是二维界面,在突破房间隔后针尖瞬间脱离视窗,EAM 是三维界面,始终能够追踪针尖)

- technique[J]. *Europace*, 2013, 15(12): 1784-1790. DOI: 10.1093/europace/eut078.
- [19] 张德利,陈树兰,沙勇,等.应用房间隔电图定位房间隔穿刺点的研究[J]. *中华心血管病杂志*, 1993, 21(1): 18.
- [20] Heinroth KM, Hartkopf T, Plehn A, et al. Wire-and needle potentials facilitating transseptal puncture[J]. *J Electrocardiol*, 2017, 50(3): 358-367. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2017.01.004.
- [21] 宁曼,董建增,喻荣辉,等.下腔静脉造影——一种定位房间隔穿刺相关结构的有效方法[J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2014, 28(2): 110-114.
- [22] Manolis AS. Transseptal access to the left atrium: tips and tricks to keep it safe derived from single operator experience and review of the literature[J]. *Curr Cardiol Rev*, 2017, 13(4): 305-318. DOI: 10.2174/1573403X13666170927122036.
- [23] Koektuerk B, Yorgun H, Koektuerk O, et al. Rotational angiography based three dimensional left atrial reconstruction: a new approach for Transseptal puncture [J]. *Cardiovasc Ther*, 2015, 34(1): 49-56. DOI: 10.1111/1755-5922.12167.
- [24] Bourrier F, Reents T, Ammar-Busch S, et al. Transseptal puncture guided by CT-derived 3D-augmented fluoroscopy[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2016, 27(3): 369-372. DOI: 10.1111/jce.12885.
- [25] Faletta FF, Biasco L, Pedrazzini G, et al. Echocardiographic-fluoroscopic fusion imaging in transseptal puncture: a new technology for an old procedure[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2017, 30(9): 886-895. DOI: 10.1016/j.echo.2017.05.001.
- [26] Rosu R, Cismaru G, Muresan L, et al. Intracardiac echocardiography for transseptal puncture. A guide for cardiac electrophysiologists[J]. *Med Ultrason*, 2019, 21(2): 183-190. DOI: 10.11152/mu-1827.
- [27] 胡宇才,白融,许丰强,等.全三维技术在老年心房颤动射频消融术中的安全性及有效性研究[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2017, 25(11): 622-627. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2017.11.004.
- [28] Sawhney V, Breitenstein A, Watts T, et al. A novel technique for performing transseptal puncture guided by a non-fluoroscopic 3D mapping system[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2019, 42(1): 4-12. DOI: 10.1111/pace.13541.
- [29] Baykaner T, Quadros KK, Thosani A, et al. Safety and efficacy of zero fluoroscopy transseptal puncture with different approaches[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2020, 43(1): 12-18. DOI: 10.1111/pace.13841.
- [30] Salam T, Wilson L, Bohannan S, et al. Safety and effectiveness of a novel fluoroscopy transseptal puncture technique for lead-free catheter ablation: a case series[J]. *J Innov Card Rhythm Manag*, 2020, 11(4): 4079-4085. DOI: 10.19102/icrm.2020.110405.
- [31] Zhang G, Cheng L, Liang Z, et al. Zero-fluoroscopy transseptal puncture guided by right atrial electroanatomical mapping combined with intracardiac echocardiography: A single-center experience[J]. *Clin Cardiol*, 2020. DOI: 10.1002/clc.23401.
- [32] Eichenlaub M, Weber R, Minners J, et al. 3D mapping for the identification of the fossa ovalis in left atrial ablation procedures: a pilot study of a first step towards an electroanatomic-guided transseptal puncture[J]. *Europace*, 2020, 22(5): 732-738. DOI: 10.1093/europace/eaab034.
- [33] Kern MJ, Seto AH. Transseptal puncture guided by electroanatomic mapping: a novel fluoroscopically and echocardiographically free method[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2020, 13(10): 1233-1235. DOI: 10.1016/j.jcin.2020.03.029.