

# 普通心脏起搏器和植入型心律转复除颤器手术操作规范中国专家共识(2023)

中华医学会心电生理和起搏分会 中国医师协会心律学专业委员会

通信作者: 宿燕岗, Email: su.yangang@zs-hospital.sh.cn; 华伟, Email: drhuawei@fuwai.com; 张澍, Email: zsfuwai@vip.163.com

**【摘要】** 心脏起搏器(PM)和植入型心律转复除颤器(ICD)的临床应用已多年,但植入手术操作本身尚无全面系统的指导性文件。本共识由中华医学会心电生理和起搏分会(CSPE)和中国医师协会心律学专业委员会(CSA)共同组织了多位国内该领域知名专家,查阅了大量的参考文献并结合丰富的临床经验及国内医院的实际情况编撰而成,就植入PM和ICD的手术流程,包括基本要求、详细的手术步骤、出院前管理、围术期并发症及处理、ICD植入特殊要点和脉冲发生器更换注意事项等多个方面通过详尽的文字和图片的形式对涉及手术的每个细节都进行了深入地解析。

**【关键词】** 心脏起搏器,人工;植入型心律转复除颤器;操作规范;专家共识

本指南通过国际实践指南注册平台进行注册(PREPARE-2023CN146)

DOI: 10.3760/cma.j.cn113859-20230316-00044

## Chinese expert consensus and practical guide on optimal implantation technique for conventional pacemakers and implantable cardioverter defibrillators (2023)

Chinese Society of Pacing and Electrophysiology, Chinese Society of Arrhythmias

Corresponding author: Su Yangang, Email: su.yangang@zs-hospital.sh.cn; Hua Wei, Email: drhuawei@fuwai.com; Zhang Shu, Email: zsfuwai@vip.163.com

### 一、前言

我国心脏起搏器(pacemaker, PM)和植入型心律转复除颤器(implantable cardioverter defibrillator, ICD)的临床应用已分别超过50及30余年,期间有关适应证指南已分别修订多次,但植入手术操作从未出台过专家共识,也缺乏有关详尽的涉及植入手术操作方面的指导性文件。PM手术是1个精细的微创介入操作,虽非复杂的大手术,但涉及的手术细节和技巧非常多。实际上,如何保证手术成功率、减少围术期并发症一直是植入医师最重视的临床问题。虽然有不少学术会议及相关专著都谈及手术操作技术本身,但都存在不系统、不全面或只是个别术者的单中心经验等,不能真正起到全面指导术者落地完成手术全流程的作用。国内多数医院术者大多还是跟从上级医生的操作流程来学习手术操作方式,缺乏针对手术细节相关的沟通和相互学习的平台,手术本身亦存在不规范、不正确等问题,有些医院PM围术期并发症发生率也明显高于业内平均水平。因此,如

何更好地规范手术操作流程已成为亟待解决的问题。

欧洲心律协会在2021年发表了PM和ICD优化植入技术专家共识<sup>[1]</sup>,为业界植入技术提供了标准化的推荐方法,受到很大的关注和好评。由此,中华医学会心电生理和起搏分会(Chinese Society of Pacing and Electrophysiology, CSPE)和中国医师协会心律学专业委员会(Chinese Society of Arrhythmias, CSA)共同组织了多位国内该领域知名专家,查阅了大量的参考文学和循证医学证据,结合中国专家丰富的临床经验及国内医院的实际情况,就植入PM和ICD的手术步骤、流程和相关手术细节进行了全面详尽地阐述。

### 二、植入普通心脏起搏器和植入型心律转复除颤器的基本要求

#### (一) 病史采集

首先采集病史,进行实验室和影像学检查再次评估起搏和ICD治疗适应证并对患者进行风险-效益评估。病史采集包括患者的既往病史、心功能状

况、近期发生的疾病、胸部 X 线片和超声心动图等。对于 PM 或 ICD 更换的患者,需进行 PM/ICD 工作状态、ICD 参数设置、治疗情况及导线完整性检测,评估是否需要临时起搏保护及更换导线。

作为心血管植入型电子器械(cardiovascular implantable electronic devices, CIED)植入的先决条件,患者应 24 h 内无发热和活动性感染。如果存在明显的感染风险,最好延迟植入,观察或延长抗生素治疗时间。近期如有急性事件如急性心肌梗死、脑卒中及急性心力衰竭(心衰)发作等,应充分评估手术风险及心动过缓的严重程度以决定手术时机(表 1)。

表 1 心血管植入型电子器械植入术前准备清单

病史
症状
职业(创伤风险、是否强磁场环境、特殊职业等)
既往疾病史:糖尿病、慢性阻塞性肺疾病、心脏手术史、痴呆、乳腺癌治疗、肾透析等
目前药物治疗(抗凝、抗血小板药物)
过敏史(抗生素、碘、金属)
药物不耐受(镇静剂、阿片类药物)
既往起搏史:更换/感染伤口处理/升级、连接器类型、静脉通路情况
运动习惯:左或右利手
体重
磁共振需求
检查
血液检查(血常规、凝血功能、肾功能、电解质)
心电图(动态心电图、窦房结功能、房室传导功能)
超声心动图(左心室射血分数、心房/心室大小、伴冠状静脉窦扩张的永存左上腔静脉、严重的三尖瓣反流)
胸部 X 线片(形态学异常,与术后早期的 X 线片比较)
起搏器程控结果(如为起搏器更换)
其他
是否有所需的支持人员(麻醉、起搏程控技术支持)
手术环境

## (二) 抗凝和 / 或抗血小板药物

正在使用抗凝和 / 或抗血小板药物的患者囊袋血肿发生率会增加,继而增加感染的风险<sup>[1-2]</sup>。对于非风湿性心房颤动(房颤)、血栓栓塞事件低风险(CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分 <3 分)和无脑卒中史的患者,围术期可停用抗凝及抗血小板药物。而其他患者不间断口服抗凝(针对机械瓣膜假体时国际标准化比值 <3.0)优于肝素桥接(特别是使用低分子肝素),桥接可增加血肿的风险<sup>[3-4]</sup>。在 BRUIE-CONTROL2 研究中,CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc 评分为 ≥2 分的直接口服抗凝药物的患者,不论是否中断治疗,其血肿发生率均差异无统计学意义<sup>[4]</sup>。此研究结果显示,2 种管理策略都是合理的,应进行个体化评估。抗血小板药物,特别是 P2Y<sub>12</sub> 抑制剂(氯吡格雷、普拉格雷和替格瑞洛等)显著增加出血风险,除非存在必须使用的明确适应证,最好停用 3~7 d,特别是联合口服抗凝治疗时。围术期抗凝和 / 或抗血小板药物的使用原则见表 2<sup>[5]</sup>。

## (三) 手术室环境、工作人员及患者准备

1. 手术室环境、工作人员准备:手术室或导管室必须通气、换气 >15 次/h(理想情况为 20~25 次/h)<sup>[6]</sup>。层流对手术部位感染的作用仍有争议<sup>[7]</sup>。工作人员应确保在手术前所有所需的设备就绪(表 3),必要时准备麻醉支持。所有参与 CIED 植入的工作人员必须接受过在手术室环境中严格的无菌技术和行为培训。操作人员应接受充分的培训和监督。应严格执行无菌操作规范,除手术操作相关的人员外,手术室应限制不必要的人员进入。

2. 患者准备:术前应进行手术区皮肤清洁。如需要剃除胸毛,应注意避免划伤皮肤。建议可向患

表 2 抗凝及抗血小板药物的围术期管理

双联抗血小板治疗		DOAC		VKA		DOAC+ 抗血小板	
是否因 ACS 行 PCI 或合并其他高危因素		CHA <sub>2</sub> DS <sub>2</sub> -VASc 评分 <3 分)、无脑卒中史		CHA <sub>2</sub> DS <sub>2</sub> -VASc 评分 <3 分)、无脑卒中史		PCI+CHA <sub>2</sub> DS <sub>2</sub> -VASc 评分 <3 分)、无脑卒中史	
否	是	否	是	否	是	否	是
<1 个月 继续使用 DAPT	<6 个月 继续 DAPT	根据术者的 经验和/ 或血栓栓 塞风险继 续或中断	可暂停	根据术者的 经验和/ 或血栓栓 塞风险继 续或中断	可暂停, 无需肝 素桥接	PCI<6 个月继续 SAPT+ 低剂量 DOAC	PCI>6 个月 DOAC
>1 个月 继续服用阿司匹 林 + 停用 P2Y <sub>12</sub>	>6 个月 停用 P2Y <sub>12</sub> 抑制剂						

注: DOAC 为直接口服抗凝药, VKA 为维生素 K 拮抗剂, ACS 为急性冠脉综合征, PCI 为经皮冠状动脉成形术, DAPT 为双联抗血小板治疗, SAPT 为单药抗血小板治疗

表 3 心血管植入型电子器械植入所需的设备、附件及作用

项目	作用
设备	
公司专用的起搏分析仪	起搏测试和脉冲发生器程控
可提供 >40° 透视 X 光机	导线定位
电灼止血。优选等离子电灼 (非必需)	止血及游离导线时避免导线 损坏
监测心律、袖带血压和脉搏血氧	生命体征监测
供氧、吸氧、袋式通风设备	处理呼吸紧急情况
备有药物和插管材料的急救设备	处理心血管和心律紧急情况
超声心动图(现场可快速使用)	诊断心脏压塞
呼吸机	用于全身麻醉
附件	
长鞘(7~9 f), 如 23 cm	协助通过静脉扭曲、狭窄处
亲水性 0.035 导丝	帮助进入、通过狭窄、迂曲血管
加硬 0.035 导丝	帮助通过迂曲血管
封堵硅胶帽	对废弃的导线头进行封盖
心包穿刺所需器械及配件	处理紧急心脏压塞

者适当解释手术过程并安抚患者。如需要全身麻醉,术前应禁饮食。

3. 麻醉:PM 植入术常规不需要全身麻醉。但对于特殊患者如高龄、智力障碍患者不能配合手术或顾虑紧张诱发及加重心衰风险者可考虑给予全身麻醉以减少患者术中相关风险。

#### (四) 抗生素使用

已证明使用预防性全身抗生素可以降低 CIED 的感染风险。与不使用抗生素预防相比,相对感染风险降低 40%~95%<sup>[8]</sup>。所有患者均应在手术切口前 1 h 内给予抗生素预防感染,以确保组织中有足够的药物浓度水平。金黄色葡萄球菌是 CIED 急性感染中最常见的微生物,应至少使用针对金黄色葡萄球菌的抗生素。

#### (五) 术前 PM 或 ICD 程控

PM 或 ICD 更换的患者,术前需了解起搏状态,例如是否心室起搏依赖等。详见本共识“七、更换脉冲发生器注意事项”。

#### 三、详细的手术步骤

PM 植入是精细的微创手术。植入手术步骤包括:①皮肤切开和囊袋制作。②外周静脉入路。③起搏导线、植入附件及操作要点。④右心室导线的植入。⑤传导束起搏。⑥右心房导线植入。⑦参数测试。⑧固定导线,导线与脉冲发生器连接。⑨起搏

系统放入囊袋内并固定缝合囊袋。每个步骤都有其操作规范及注意事项。现分别详细叙述如下。

#### (一) 皮肤切开和囊袋制作

##### 1. 皮肤切开前准备

(1) 消毒剂使用:目前皮肤消毒剂通常为中效消毒剂,不能杀死细菌芽孢,但能杀死细菌繁殖体、真菌和大多数病毒。常用皮肤消毒液为 2.5% 碘酊和 70% 乙醇溶液。先涂擦碘酊,作用 1~3 min 待碘酊干后,再以 70%~80% 乙醇溶液涂擦 2 遍,将碘酊擦净。也可以用 0.75% PVP 络合碘(PVP-碘)涂擦 2 遍,时间 $\geq 2$  min;使用有效含量 $\geq 2$  g/L 氯己定-乙醇溶液(70% 体积分数)作为消毒剂时,局部擦拭 2~3 遍,并且确保消毒液在皮肤区域停留 30 s。对婴幼儿皮肤消毒时可用刺激性小的消毒液,常用的如 0.1% 新洁尔灭、0.05% 洗必泰乙醇溶液(70% 乙醇 1 000 ml 中加 0.5 g 洗必泰)及 0.1% 硫柳汞酊,涂擦 2~3 遍<sup>[9]</sup>。应从手术区开始消毒,向周围皮肤无遗漏地涂布(图 1)。如为囊袋感染,则应由手术区外周向感染部位涂布。已经使用过或接触感染部位的药液纱布不得再返擦相对清洁区。在切开皮肤前应等消毒剂完全干燥,以便有足够的时间使其发挥作用。



图 1 起搏器植入手术常规消毒范围示意图(白色区域为消毒范围)

(2) 手消毒:为预防 CIED 感染,术者及执行消毒的医师须进行外科手消毒,包括清洁和消毒 2 个步骤。先用皂液或洗手液,按“六步洗手法”彻底清洁手臂,然后用消毒剂(乙醇、异丙醇、氯己定或碘伏等)行皮肤消毒。外科手消毒最常用的刷洗法,按一定顺序刷洗手臂 3 min 即可达到外科手消毒标准。新型消毒剂的出现使消毒过程逐渐简化。

(3) 无菌巾、单的铺放:手术区消毒后,需铺设无菌布单,为手术操作提供充分的无菌平面。除手术切开部位外,手术切口周围必须覆盖 4 层或 4 层



以上无菌巾。若操作者穿洗手衣铺巾,则先铺患者的相对不洁区,再铺对侧,最后铺靠近操作者一侧<sup>[10]</sup>;若操作者已穿好手术衣,则先铺靠近操作者一侧,然后铺相对不洁区,再由对侧顺序铺完无菌巾。使用一次性辅料时需注意固定,以防在手术过程中辅料滑落造成污染。铺巾完成后用布巾钳将交角夹住,以防移动。如果位置不准确,不得向切口区方向移动,只能由切口区向外移动调整。器械护士协助手术医师完成中单及大单铺设。要求大单洞口正对切口(一次性手术大单亦可由术者使用无菌手术刀/剪刀裁切后暴露适合的切口视野),头侧盖过麻醉架,足侧盖过手术器械托盘及床尾(据各中心实际情况决定),展开覆盖整个手术床。无菌单应悬至手术床沿 30 cm 以下。铺巾完成后根据各中心习惯使用无菌手术薄膜,固定手术视野范围。尚没有证据表明切口无菌贴膜的使用能降低感染风险。

## 2. 麻醉类型及药物选择

(1) 局部麻醉:一般选择局部麻醉。铺巾完毕后,常规使用 0.5%~1.0% 利多卡因局部浸润麻醉,一般起效时间为 30~120 s(须等待麻醉药完全起效后进行操作),可以维持 0.5~2.0 h。但由于个体差异,注射部位的不同,药效及起效时间会有一些的差异<sup>[11]</sup>。可与长效局部麻醉药(如 0.25% 布比卡因或 0.50% 罗哌卡因)混合使用以延长术后镇痛时间。沿手术切口线分层注射麻醉药,逐层浸润,每次注药前都要回抽,以免误注入血管内。

(2) 镇静、镇痛:除局部麻醉外,特殊情况如因烦躁不能配合、需制作导线皮下隧道、进行除颤阈值(defibrillation threshold, DFT)测试及制作特殊位置囊袋(如肌间隙)的患者<sup>[12]</sup>,可配合适当的静脉麻醉使患者达到深度镇静。因一般不进行气管插管(除非需要 DFT 测试的高危患者),故不能麻醉太深。术前也可以给予少量镇静、镇痛剂,如哌替啶(杜冷丁)、异丙嗪(非那根)、地西洋(安定)或吗啡;静脉麻醉时可给予异丙酚或咪达唑仑等。

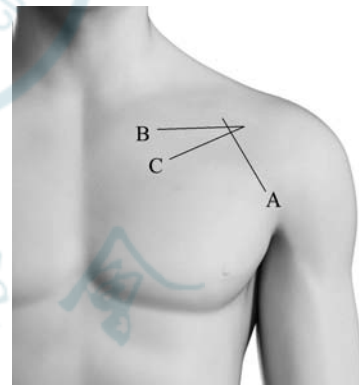
(3) 全身麻醉:幼儿、智力或精神障碍等患者可全身麻醉后再开始手术。

## 3. 皮肤切开及囊袋制作

(1) 皮肤切开位置及方向:局部浸润麻醉生效后即可开始切开皮肤。切开皮肤可在静脉穿刺前或穿刺成功后进行,2 种方法各有优缺点,可根据各心脏介入中心每个医师习惯而定。穿刺静脉前切开皮肤有以下优点:①穿刺部位暴露清楚;②静脉穿刺

成功后不用再分离指引钢丝周围组织,可避免后续切开皮肤时产生的围绕穿刺点切口不整齐的情况。穿刺静脉成功后再切开皮肤及制作囊袋的优点是可避免无合适外周静脉入路而需移至对侧带来的额外医源性伤害(虽然在绝大多数情况下总能在同侧寻找到静脉入路),但可能会增加盲穿法穿刺失败后多次皮肤入针的概率,而且穿刺成功后需谨慎操作电刀,避免接触指引钢丝,否则可能会诱发室速甚或心室颤动(室颤)。当然,也可选择在拟穿刺部分先切开较小的皮肤切口至筋膜层,待静脉穿刺成功后再扩大切口并制作囊袋,能将因静脉穿刺失败造成的局部损伤将至最低。

由于大多数人群为右利手缘故,包括考虑传导束起搏的便利性以及较低的除颤阈值,PM(脉冲发生器)和 ICD 通常倾向于左侧植入,脉冲发生器放置于同侧胸前皮下或肌肉下。当然,应结合患者的临床实际情况而定。目前至少有 3 种比较公认的切口位置(图 2),大多数术者会选择其中 1 种作为常用切口并按实际情况进行改良。这些切口各有优劣,而切口的选择与制作往往可能决定整个植入顺利与否(尤其是切开皮肤后再行静脉穿刺者,切口的位置对顺利寻找到头静脉及穿刺到静脉很重要)。



注:A 为胸大肌-三角肌切口,B 为水平切口,C 为斜行切口

图 2 制作起搏器囊袋切口示意图

1) 胸大肌-三角肌切口:位于锁骨下大约 1 cm 的胸大肌-三角肌间沟处(定位于胸大肌锁骨头外侧,三角肌旁)。该切口偏外侧便于分离头静脉,不会影响腋静脉穿刺,但会妨碍锁骨下静脉的穿刺。术者需要保证囊袋制作于切口的正中间,在此切口下制作肌肉下囊袋较为困难;另外,脉冲发生器会比较靠外侧,日后可能会影响部分患者的上肢内收动作。

2) 水平切口:自锁骨中外侧 1/3 下方 1~2 cm

处并径直延伸至胸大肌 - 三角肌间沟外侧 1 cm 处。该切口既便于分离头静脉也便于穿刺锁骨下 / 腋静脉及制作皮下与胸大肌下囊袋。但其分离头静脉不如“胸大肌 - 三角肌切口”方便。如决定分离头静脉,该切口可适当外移。

3) 斜行切口:位于锁骨外 1/3 处的下方 1~2 cm 处,与锁骨平行,与“水平切口”十分相似,但“斜行切口”与皮肤 Langer's 线平行,所以在愈合后往往比较美观,瘢痕通常不明显。

切口的长度(通常普通 PM 为 3~4 cm, ICD 为 5 cm 左右)可根据 PM 的尺寸和切口处皮下组织的厚度(若切口下方组织较厚,则多需要稍许延长切口)进行调整<sup>[13]</sup>。

特殊情况或要求美观时,可将囊袋置于腋下及乳房下<sup>[14]</sup>。如需制作则必须熟悉局部解剖关系。囊袋置于腋下时可沿腋窝最深的折痕做 1 个大约 4 cm 的线性切口,也可沿腋窝前线靠近胸大肌外侧缘做手术切口<sup>[15]</sup>;囊袋位于乳房下时先沿腋前线做微切口以备静脉穿刺及做导线皮下隧道使用,再沿乳房下折痕上方切开皮肤,向下切开至胸大肌外侧缘<sup>[16]</sup>。

(2) 皮肤切开方法:有 2 种方法。①使用普通手术刀或电刀直接切开表皮和真皮:固定并紧绷切口上端两侧的皮肤,掌握力度,力求一次切开全层皮肤(表皮及真皮),但不应损伤筋膜;切口深度应该在皮下组织以下,胸大肌的浅深筋膜之间。如不能一次切至筋膜层,可用止血钳钝性分离皮下脂肪直到筋膜层。②使用普通手术刀或电刀切开皮肤后用止血钳逐层分离皮下组织、脂肪组织直至胸大肌筋膜。

切开皮肤及分离过程中注意观察出血情况。止血可采用压迫止血、钳夹结扎止血(单纯结扎法,贯穿结扎法)、电凝止血和局部止血药法(明胶海绵)等。通常该部位没有大血管,明显出血情况并不多见。

(3) 囊袋制作及操作要点:囊袋制作可在静脉穿刺成功前或后进行(利弊见前述)。到达胸大肌筋膜后,朝切口垂直方向用中指、示指沿深浅筋膜层间隙向下钝性分离周围组织,也可采用刀柄、纱布小球或血管钳等对组织进行钝性分离,囊袋上缘两侧的筋膜上组织可在提拉下用剪刀剪开。钝性分离可减少出血及避免对组织的过多损伤。也可采用刀或剪直接沿组织间隙进行切或剪,但可能会造成肌肉

离断和出血较多,一般不建议使用。但筋膜上能提起的皮下组织可用锐器剪切。过度肥胖患者一定要分离到深筋膜层,防止 PM 植入脂肪层造成脂肪液化、伤口愈合不佳甚至 PM 移动。实际上,只要在筋膜层之间制作囊袋,多不会出血,也容易制作;相反,若未在筋膜层之间(皮下组织内或损伤肌层)分离制作囊袋,出血较多的同时也难以分离(尤其是在皮下组织内)。因此制作囊袋的关键是一定要分离找到筋膜层,在筋膜层操作。

建议根据拟植入脉冲发生器的体积制作大小相适应的囊袋,放入囊袋后的脉冲发生器顶端离切口 1 cm 左右为宜。如果囊袋制作过大,会造成 PM 和导线在囊袋内旋转并牵扯导线致其脱位,同时也会增加水肿和囊袋感染的概率;而囊袋过小则会造成 PM 表面皮肤及皮下组织张力过大,容易产生皮肤受压使患者局部疼痛不适,甚或因缺血坏死产生皮肤破溃而导致起搏系统感染。目前脉冲发生器的体积相对较小,因此,大多数选择将 PM 和 ICD 植入皮下(筋膜下浅筋膜)。

对于皮下脂肪较薄的消瘦患者,植入 ICD 时通常建议制作肌间囊袋,即胸大肌与胸小肌之间的囊袋(intramuscular pocket)。虽然术中稍嫌烦琐,但相对于日后可能发生的脉冲发生器对皮肤的磨损甚至破溃还是值得的。胸小肌为胸部上侧一条三角形的肌肉,位于胸大肌深层处(图 3),肌肉间囊袋就是在胸大、小肌肉之间的间隙内制作。肌间囊袋的制作方法:在分离至皮下组织后继续向下用止血钳钝性分离胸大肌至胸大肌与胸小肌之间的筋膜层,然后沿筋膜层之间的间隙用双指向下钝性分离(通常比皮下囊袋更容易分离)

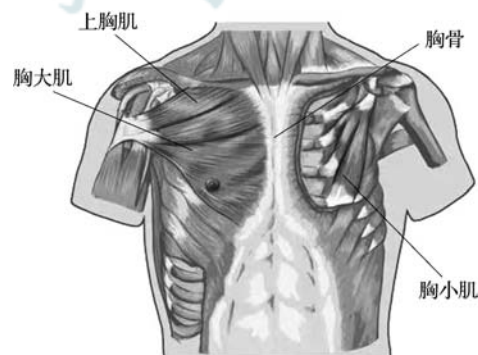


图 3 胸大肌及胸小肌的解剖位置

至适当大小。囊袋内不能使用剪刀,以免损伤肌间筋膜层内的血管和神经组织。囊袋上缘两侧通常需

要撕开或剪切小部分胸大肌使囊袋开口足够大。此时可分别先用两把止血钳轻轻钳夹两侧胸大肌(剪开胸大肌时如果损伤到肌肉的动脉血管时能及时钳夹止血),在止血钳中间用剪刀剪开囊袋上方两侧的适量小部分胸大肌。

制作好囊袋后可用纱布填塞,主要目的是压迫止血;另外,取出纱布时也容易根据纱布的颜色确定囊袋内是否有持续渗血。只是切记在放入 PM 时一定要将纱布悉数取出,绝不能将纱布遗漏在囊袋内(会导致囊袋感染)。

## (二) 外周静脉入路

建立导线的静脉入路是 PM 植入的关键步骤之一。目前常用的外周静脉入路包括头静脉、锁骨下静脉和腋静脉(图 4)。头静脉和锁骨下静脉血管变异小,作为静脉入路更容易被术者掌握。头静脉切

开和锁骨下静脉穿刺曾经作为 PM 植入的主要路径在临床上广泛应用。但近年来临床实践表明,头静脉直径小,难以容纳多根导线,且导线之间在狭窄的头静脉入口处容易相互影响;而锁骨下静脉穿刺入路容易引发导线挤压综合征和气胸<sup>[17]</sup>。腋静脉较头静脉粗,平均直径 1.0~1.4 cm,能容纳更多的导线,同时也能避免胸骨和锁骨对导线的挤压,目前已经成为 PM 植入的主要静脉路径。

1. 头静脉切开:头静脉属于浅静脉,可通过头静脉切开的方法送入导线。该部位送入导线可避免锁骨下挤压现象的发生。操作时于三角肌和胸大肌之间的肌间沟斜行切开皮肤 2~3 cm;如做横切口,则切口外缘需靠近该肌间沟。用拉钩或撑开器充分暴露三角沟处,钝性分离皮下组织,即可在沟底看到黄色脂肪组织。用止血钳钝性将其周围脂肪组织分离,通常能发现被包绕的头静脉。分离过程中避免损伤伴随神经。将头静脉其中一段充分暴露和游离后在静脉下方通过止血钳穿过 2 根缝线,将 2 根缝线轻轻提起,远心端结扎,近心端用眼科剪刀在静脉前壁剪一小口,然后用专用静脉切口撑开器将切口撑开,沿静脉腔送入导线。当然,也可在基本暴露头静脉的情况下,采用静脉穿刺的方法送入指引钢丝,然后再通过扩张鞘送入导线。

若发生导线送入困难,往往是由于头静脉太细,或进入腋静脉的夹角比较大,或存在静脉瓣所致。如为前者,只能放弃;如为后者,可在透视下采取:①牵拉、外展患者植入侧上肢;②回撤或塑形指引钢丝头端;③改用静脉穿刺方法送入超滑钢丝通过阻挡部位。经上述处理多能顺利进入腋静脉。但总有约 10% 的患者不能成功送入导线,此时只能换用其他静脉路径。

如植入单腔普通 PM,有些中心首选头静脉切开,毕竟其近期及远期并发症少,尤其是针对预计静脉穿刺并发症发生率高(如老年人、肺气肿、服用抗血栓药物等)的患者。由于多不能同时从头静脉送入 2 根及以上导线,且静脉穿刺途径越来越普及,因此,针对植入双腔 PM 的患者多不首选头静脉切开,以免既切开头静脉,又穿刺锁骨下或腋静脉,使手术时间延长且增加静脉损伤的部位。

2. 锁骨下静脉穿刺:锁骨下静脉因血管变异小,管径粗大,学习曲线短,最容易为初学者掌握。穿刺时将非持针手的拇指按在锁骨与第 1 肋骨交接处附近(此处也是进针定位点),示指和中指放在胸

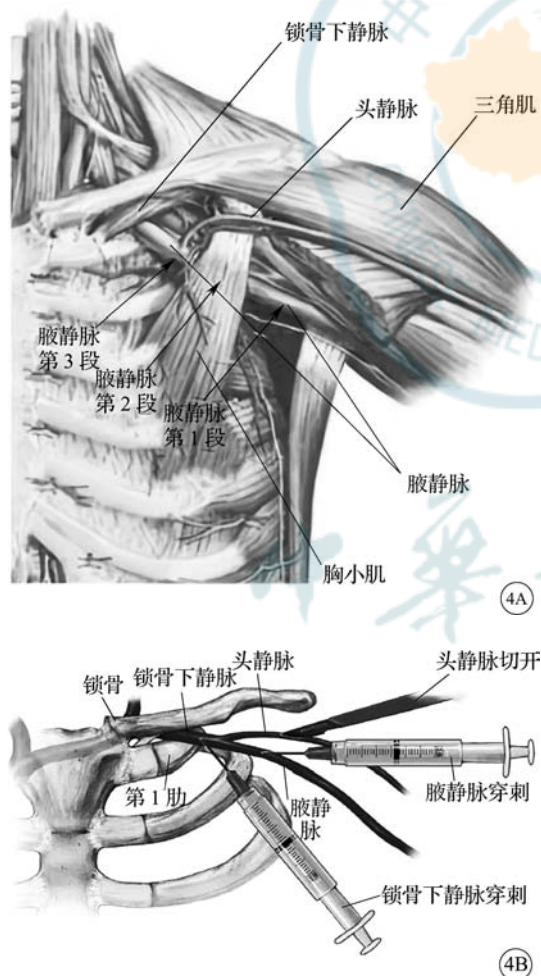
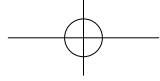


图 4 外周静脉及入路示意图(4A:静脉解剖位置。显示头静脉、锁骨下静脉及腋静脉位置。其中,腋静脉以胸小肌上、下缘为标志分为 3 段;4B:头静脉切开、锁骨下静脉及腋静脉穿刺位置)



骨上做穿刺的方向指示。从定位点进针,穿刺针与胸廓呈  $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ , 针尖指向胸骨上窝方向。进针过程中保持负压吸引状态,密切注意有无回血及回血的颜色和压力。穿刺成功后固定穿刺针,自穿刺针内送入导引钢丝。如术者判断针尖已接近锁骨下静脉仍未见回血,则需将穿刺针退至皮下,改变穿刺点位置或进针方向后再次尝试。

判断成功穿刺到静脉的方法:①回抽血液的颜色(暗红色,而非动脉的鲜红色)。建议手术灯光不要直照穿刺部位,强光下空针内的静脉血液也显示鲜红色。②压力,血液沿针芯滴出而非喷出。有时三度房室传导阻滞(因房室不同步致三尖瓣关闭不全)、重度三尖瓣反流患者血液压力也很高(呈喷射状),应注意鉴别。③送入钢丝后根据钢丝的走行(进入下腔静脉)。切记,应在确认钢丝在静脉系统后方可送入扩张鞘管。

由于肋间隙窄及老龄患者局部骨质增生等原因,锁骨下静脉穿刺成功后送入导线有时会出现因挤压导致导线操作困难(此时多需要保留鞘管)并增加后期发生导线挤压及磨损并发症概率。另外,气胸也是该部位穿刺比较常见的并发症,尤其是肺气肿及胸廓畸形患者。因此,锁骨下静脉穿刺已较少使用。

实际上,如在锁骨和第 1 肋骨交界处进针,不少情况下进针时就会遇到阻力,此时应避免蛮力进针,并应适当外移穿刺部位。当然,如果穿刺过程中及导线送入过程中都很顺畅、无阻力时,锁骨下静脉途径仍然可以采用,尤其是穿刺偏胸廓外的锁骨下静脉段。实际上,偏胸廓外侧的锁骨下静脉段与腋静脉在体表上并没有绝对的分界线标志,也存在个体差异。因此,在实际操作中,主要强调穿刺过程及推送鞘管过程中应无任何阻力(通常穿刺过程中未遇到阻挡者鞘管进入也多无阻力),这样后续发生导线被挤压的可能性就小。无论锁骨下静脉还是腋静脉,只是建立 1 个送入导线的通路,因此,可能并不需要过分拘泥于局部静脉在解剖上的命名问题。

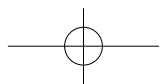
如植入双腔 PM,通常建议分别穿刺(包括下述的腋静脉)2 次,优点是导线之间不会发生互相干扰,静脉穿刺点出血少;缺点是多次穿刺的并发症风险相对高。如静脉非常难以穿到,或顾虑产生气胸或已经发现回抽到空气,可考虑 1 个穿刺部位同时放入 2 根钢丝(沿第 1 根指引钢丝送入扩张鞘,然后从该扩张鞘再送入另外 1 根钢丝后撤出扩张

鞘。或沿留置的 1 根钢丝送入扩张鞘,经扩张鞘送入第 1 根导线,保留钢丝的情况下撤鞘撕鞘,再沿留置的钢丝送入第 2 个鞘和第 2 根导线)。1 个穿刺点放入 2 根导线的缺点是植入过程中导线之间会发生相互干扰,穿刺口较容易出血。

3. 腋静脉穿刺:腋静脉是锁骨下静脉向外的延续,在锁骨内侧称为锁骨下静脉,出锁骨到大圆肌腱下缘称为腋静脉。腋静脉全程均在锁骨下方的胸廓外,由肱静脉延续而成。因此,穿刺腋静脉可大大降低气胸的风险。腋静脉以胸小肌上、下缘为标志可分为 3 段:胸小肌下缘以远端的为第 1 段;胸小肌上、下缘之间为第 2 段;胸小肌上缘至锁骨下缘为第 3 段。腋静脉各段均可用于穿刺,但第 1、2 段与动脉、神经及肌肉毗邻关系复杂,进针时易损伤腋动脉、腋神经和肌肉内组织;而腋静脉第 3 段位置相对表浅,直径较粗,因此临床上常选第 3 段作为腋静脉穿刺的首选位点<sup>[18]</sup>(图 4A)。

腋静脉的穿刺方法包括盲穿法、X 线引导或联合静脉造影穿刺法以及超声引导穿刺法等。国内绝大多数中心均采用盲穿法进行腋静脉穿刺,相关研究表明盲法穿刺的成功率可达 95.3%<sup>[19]</sup>。盲法穿刺的核心是两点一线,即穿刺针的进针点、进入腋静脉点以及进针角度和方向。目前常用的腋静脉盲穿定位法包括 Megney 定位法<sup>[20]</sup>、Belott 改良腋静脉盲穿定位法<sup>[21]</sup>及国内学者王龙等<sup>[22]</sup>提出的腋静脉穿刺体表定位等。这些方法的穿刺方向无一例外都指向锁骨与第 1 肋骨交界处,即腋静脉第 3 段。针尖可以在第 1 肋的内缘、中间或者外缘处进入腋静脉。进针的角度与组织肌肉的厚度、进针点距离腋静脉的垂直距离相关。

腋静脉穿刺方法:实践中绝大部分术者采用先切开皮肤后再穿刺,也有小部分术者先穿刺静脉成功后再切开皮肤,2 种方法没有绝对的利弊,但前者因为距离腋静脉穿刺点更近,更容易穿刺成功,尤其是针对肥胖患者。穿刺针指向锁骨中点和锁骨内中 1/3 点之间进行穿刺,穿刺方向指向胸锁关节(图 4B)。根据患者的体型不同,穿刺针与皮肤夹角呈  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。穿刺过程中带负压的穿刺针缓慢前进,术者需要密切体会穿刺针的突破感,有突破感后回抽到静脉血证实穿刺成功。穿刺未果时,可在穿刺点与胸锁关节连线到锁骨中线之间的夹角继续尝试,包括进针的方向、角度和位置,都可适当进行调整。



推荐穿刺前在 X 线下预判断穿刺位点和穿刺方向以增加首次穿刺成功率和降低操作难度。多次穿刺仍未成功时需要调整穿刺策略,必要时在 X 线指导下行腋静脉穿刺或参照腋静脉造影图。前后位上,腋静脉在第 3 后肋上下水平跨过第 2 前肋,随后向锁骨与第 1 肋骨交界方向走行,走行角度受性别、体重指数及体型等影响<sup>[23]</sup>。根据腋静脉在 X 线下的走行特征进行穿刺能显著提高穿刺成功率(图 5)。有文献报道超声指导下腋静脉穿刺可提高穿刺成功率<sup>[24]</sup>,但因为操作复杂,并有导致感染风险,国内很少有中心将其作为常规使用。

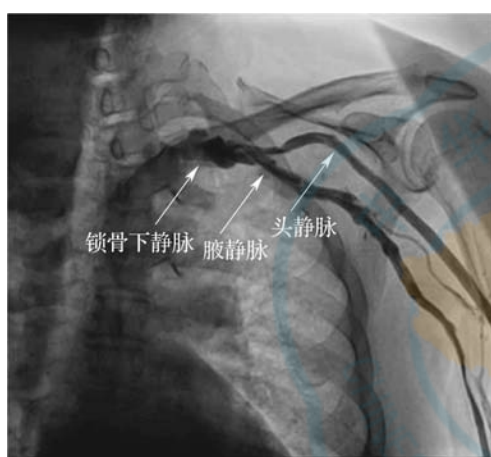


图 5 通过肘静脉注射造影剂, X 线透视下使腋静脉显影,有助于腋静脉穿刺

4. 静脉穿刺失败原因及处理: 静脉穿刺失败常见的原因包括误穿动脉造成局部血肿; 切口过高或过低; 患者肌肉紧张造成血管痉挛, 增加穿刺难度; 反复穿刺失败导致静脉损伤、痉挛或闭塞。术者需要积极预防上述情况的发生: 穿刺前充分沟通, 缓解患者紧张情绪; 采用平卧舒展的体位, 方便切口预判和顺利穿刺; 穿刺前充分麻醉; 穿刺前在 X 线指导下进行穿刺点和穿刺方向的预判; 误穿动脉后充分压迫, 减少血肿形成; 避免反复多次盲穿, 穿刺不顺利时及时调整策略, 改为静脉造影指导等。腋静脉直径较锁骨下静脉细, 穿刺时对于突破感的体会更为重要, 避免多次穿过血管不自知, 最终造成穿刺失败。另外, 及时更换不同术者进行穿刺也不失为 1 种可选方法, 因为多次尝试失败往往是源于术者习惯性的进针角度或方向所致, 加之多次失败后术者的焦虑情绪也不利于耐心尝试不同的穿刺手法。

5. 静脉穿刺并发症及防治: 静脉穿刺常见并

发症及相关防治方法包括①损伤胸壁动脉, 引起活动性出血和贫血。术者应尽量避免穿刺腋静脉第 2 段和第 1 段, 减少因穿刺针从血管丰富的肌肉中穿行导致肌间动脉损伤, 术中充分止血避免活动性出血。②反复穿刺失败造成腋静脉狭窄甚至闭塞。反复穿刺可损伤腋静脉, 同时引起周围组织肿胀压迫导致腋静脉狭窄甚至闭塞。术者应尽量避免反复多次无效尝试, 穿刺困难时及时调整方案。③血气胸。腋静脉穿刺的血气胸发生率远低于锁骨下静脉穿刺。血气胸多发生于桶状胸和体型瘦长的患者, 术者应尽量避免穿刺针与胸壁夹角过大, 避免穿刺针超过胸锁关节平面。④动静脉瘘。穿刺位点选择过高, 过深有损伤腋动脉风险。撤除鞘管后有导线周围渗血、止血困难等表现时应考虑误损伤动脉或存在动静脉瘘可能。对上述异常应积极寻找原因, 及时对症处理(详见“五、围术期并发症及处理”)。

6. 发现静脉通路存在问题时的处理策略: 多数情况下均能成功找到静脉通路, 但偶尔会遇到找不到静脉或找到静脉但钢丝或导线进入受阻的情况, 特别是既往静脉系统存在导线时(如 PM 升级、更换导线等), 后者往往由于围绕导线周围发生静脉血栓及后续机化所致。

(1) 常规位置找不到静脉时的处理: 如头静脉路径失败, 而锁骨下及腋静脉都不能成功穿刺时, 可选择同侧颈内静脉穿刺或颈外静脉切开的方法。但该路径需要将导线通过锁骨表面做隧道拉入常规的胸前区囊袋内, 存在后期容易发生导线磨损的可能, 尤其在消瘦的患者。因此, 通常建议此时应移至对侧植入起搏系统。上腔静脉阻塞的患者可选用经髂内静脉植入导线(脉冲发生器放置的腹部)或选用无导线 PM<sup>[25]</sup>, 或采用外科方式将导线缝在心外膜上<sup>[26]</sup>。

(2) 寻找到静脉但不能送入钢丝或导线的处理: 参见本共识指引导丝、撕开鞘及导线送入困难时的解决方法。

(三) 起搏导线、植入附件及操作要点

1. 起搏导线: 依据刺激方式可分为单极导线和双极导线, 目前通常选用双极导线; 依据固定方式分为被动固定导线和主动固定导线, 其特点、优势和不足见表 4<sup>[27]</sup>。

使用可伸缩螺旋导线时需注意: ①应在植入前进行体外螺旋伸缩测试。②植入过程中螺旋需保持

表 4 起搏导线的分类、特点、优势和不足

导线分类	特点	优势	不足
刺激方式			
单极导线	导线头端为阴极,脉冲发生器外壳为阳极。现已不再作为常规使用	寿命较长,两极间距较大,起搏心电图上脉冲信号清楚	仅提供单极起搏、感知模式,抗干扰能力较差,膈神经刺激多,不能用于 ICD 感知
双极导线	导线顶端为阴极,距离头端 1.0~2.5 cm 的环状导线为阳极	可提供单极或双极起搏、感知模式;双极工作模式下抗干扰能力强,可减少远场感知,无胸大肌刺激;可用于 ICD 感知	相对较粗、结构更复杂
固定方式			
被动固定导线	头端有固定装置(翼状头、叉状头等),能使导线固定于肌小梁	对心内膜创伤较小,心肌穿孔概率低	只能固定在肌小梁丰富部位,如右心耳、右心室心尖部等;有一定的脱位发生率;导线移除困难
主动固定导线	通过头端螺旋固定于心内膜,其长度为 1.5~2.0 mm,分可导电或不导电。螺旋结构分为可伸缩和不可伸缩,不可伸缩螺旋分为裸露(需配合鞘导入)和甘露醇包裹	可于任何部位植入,移除导线时相对容易	当植入于心耳、心室游离壁或心尖时有一定穿孔风险

注:各厂家提供不同长度的导线,以适应不同心脏部位手术需求。身材矮小患者可选用短导线(心房 40 cm,心室 50 cm)以避免留存过多导线于囊袋内<sup>[27]</sup>。ICD 为植入型心律转复除颤器

完全回收状态,以避免损伤途径的血管和心脏内膜组织。③固定导线时应通过影像标志来确定螺旋是否完全伸出(图 6),过度旋转螺旋可能导致固定稳定性下降、穿孔风险升高和损坏导线,同时还需避免因导线回弹导致螺旋部分回缩。④导线重置时,须先将螺旋完全回收以免损伤心肌。如螺旋无法充分回收,须取出导线查明原因,观察是否有组织嵌入螺旋等。⑤避免反复在同一部位旋入、旋出。⑥不推荐常规旋转导线体部。

如主动导线头端为不可伸缩螺旋,固定时按说明书顺时针转动导线体部至要求的圈数(如 4 圈),可通过释放导线导管体上剩余的扭矩来检验固定情况。如果头端牢固固定,释放后导线导管体会稍微逆时针松转,应避免过度旋转导线导致心肌穿孔风险增加。另外,甘露醇会在接触血液后 3~4 min 内融化,此时螺旋暴露。因此应努力在甘露醇融化前将导线到位至拟起搏的心内膜(否则在操纵导线过程中裸露的螺旋会损伤到与其接触的心内膜组织,如腱索、瓣叶等)。

2. 导入鞘及使用:导入鞘,临床上常称为撕开

鞘,包括可撕开的外鞘和不能撕开的扩张鞘内芯两部分。撕开鞘分带止血阀和不带止血阀 2 种,且有不同粗细和长度以满足相应临床需求。静脉穿刺成功后,将导丝经锁骨下静脉、无名静脉、上腔静脉及右心房送入下腔静脉以确认其在静脉系统后,沿导丝送入相应尺寸的撕开鞘或特殊用途递送系统。在静脉入路狭窄(如 PM 升级需重置新导线时)情况下,有时需要沿导丝送入长鞘(如 25 cm 带止血阀鞘)通过狭窄处,有助于后续起搏导线的通过和操作。撕开鞘尺寸的选择应与植入导线直径相匹配,过大的撕开鞘一方面可能会致伴随动脉的误损伤,而不带止血阀的过大撕开鞘也易导致出血和气栓。在操作不带止血阀的撕开鞘时需用拇指堵住鞘管开口,并尽快送入起搏导线。

可根据撕开鞘的类型、血管条件和术者习惯等因素决定是否保留撕开鞘。保留鞘管操作可能会导致出血、空气进入鞘管及撕鞘时发生导线脱位等,鞘管的存在也易给术者造成导线未发生挤压的错觉(可能此时锁骨下间隙已较窄)。但不保留鞘管下操

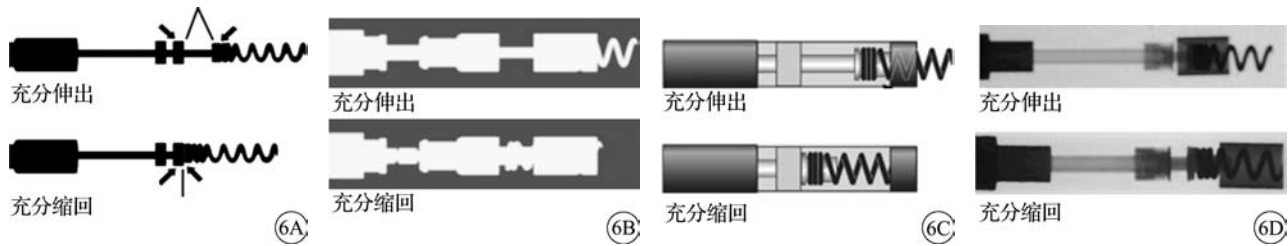


图 6 不同主动固定导线螺旋伸出方式(6A:美国美敦力公司 5076 型;6B:德国百多力公司 Solia S 型;6C:美国雅培公司 2088TC 型;6D:美国波士顿科学公司 7740、7741、7742 型)

作导线,可能会出现导线相互干扰、术中如果需取出检查或更换导线时需重新穿刺等问题。在心脏结构异常、升级手术、植入冠状窦导线或传导束起搏时可选择保留撕开鞘,此时推荐带止血阀撕开鞘。在配合加长递送鞘操作时,保留撕开鞘尤为必要。但需注意定期通过侧孔冲洗鞘管,并留意鞘管间的相互挤压和对血管的损伤。

3. 起搏导线的操作方法:起搏导线的植入方法包括钢丝驱动和通过预塑形或可调弯输送鞘系统到位 2 种。常规多选择前者,近年因传导束起搏和深部室间隔起搏的应用,后者的使用逐渐增多。在撕开鞘到位后,将带直钢丝的起搏导线沿鞘管、无名静脉和上腔静脉进入心房,再交换为不同塑形钢丝后将导线到位固定。有内腔的起搏导线均配有不同硬度和弯曲度的指引钢丝,以适应不同的导线及配合不同植入部位和不同心脏大小的需求。软钢丝容易塑形,但支撑相对弱,进入导线后容易变形。硬钢丝支撑更强,不易变形,但需注意穿孔风险。使用钢丝时注意避免沾染血迹,以防阻塞导线内腔导致钢丝进出困难,甚至导致导线不能使用。在将指引钢丝塑形时应保持钢丝圆滑,如成角将无法送入导线并易损伤导线内腔。推动钢丝进入导线远端时,如遇任何阻力,不能蛮力前推以免损伤导线,此时可选择前送或后拉导线后再次送入钢丝,往往能够奏效。送入导线后可选择将鞘撕弃或保留。

4. 指引钢丝、撕开鞘及导线送入困难时的解决方法:多数情况下导丝、扩张管及导线推送过程中不会遇到困难,但在诸如升级器械手术时可能会遇到难以送入的情况,需术前做好血管评估和预判,针对不同情况予以解决。

(1) 指引导丝送入困难:当存在静脉分支、狭窄、闭塞等情况时,可导致穿刺成功后指引导丝无法进入静脉或到达下腔静脉。此时可采取的方法:①多角度透视下更改指引钢丝前进方向;②换用超

滑导丝。如仍未通过,建议通过穿刺针行静脉造影。注意固定好穿刺针,否则造影容易造成静脉夹层。可选择送入导入鞘后再造影,后者的优点是显影更清楚,但前提是一定要明确此时指引导丝是在静脉而非动脉内。如造影证实静脉狭窄严重甚至闭塞,可尝试采用球囊扩张血管重建、改对侧植入或更换其他静脉植入路径。

(2) 撕开鞘送入困难:可结合静脉造影,考虑①导丝是否进入分支、假腔。②遇瘢痕组织、筋膜,或鞘管过大等导致无法通过,可先使用小号的鞘管或扩张管进行逐步扩张。③穿刺点骨缝过窄或进针方向与血管成角过大所致,建议胸腔外段静脉穿刺,尽可能减小成角。④静脉扭曲所致,可尝试:a. 根据静脉走行将鞘塑形后再尝试推送,塑形鞘管时需放入扩张管内芯;b. 换用硬度更强的鞘管;c. 可更换更长、更硬导丝,将其送入静脉更远端的位置,甚至到达下腔静脉,拉直扭曲静脉并提供更强的支撑力和更佳的同轴性。⑤静脉狭窄严重导致撕开鞘无法通过者,可使用球囊开通静脉后再进一步操作。

(3) 起搏导线递送困难:当存在静脉瓣阻挡、进入分支、静脉狭窄等情况时,可导致起搏导线无法顺利通过无名静脉或上腔静脉进入心房。此时可尝试:①适当回撤指引钢丝,使导线头端恢复柔软或导线前端变形后推送导线;②指引钢丝塑形后操作导线寻找通过路径;③将导线与其外另 1 根指引钢丝一起推送(指引钢丝作为 1 个滑轨);④如上述方法无效,可注射造影剂明确静脉解剖,如存在静脉狭窄,可更换长鞘通过狭窄段或使用球囊扩张静脉后,再送入起搏导线。

当奇静脉开口与左头臂静脉汇入上腔静脉的角度合适时,起搏导线容易进入奇静脉,临床上偶会遇到(图 7)。表现为:①导线推送受阻,无法进入下腔静脉。②导线前端动度有限、僵硬,难以操纵其改

变方向。③多个体位透视见导线走行心影外。④高输出起搏无法夺获心房或心室,且操作过程中无房性早搏(房早)或室性早搏(室早)。此时可尝试将导线退至锁骨下静脉内,调整导线方向再次进入,也可尝试将指引钢丝塑形或后撤少许钢丝使导线头端恢复柔软后再前送等方法,多能避免导线进入奇静脉。

#### (四) 右心室导线的植入

心室起搏导线一般应先于心房导线植入。主要原因:①先植入右心室导线可及时给予心室起搏保驾,对容易发生心脏骤停的高危患者(如房室传导阻滞、左束支传导阻滞、室性心动过速等)起到安全备份起搏的作用;②有助于减少导线之间的缠绕:操纵心室导线进入三尖瓣时,容易触碰或牵拉已到位的心房导线使其移位,导致需重置心房导线,而操作心房导线多不会牵扯到已到位的心室导线。

1. 右心室起搏部位的划分和选择:常用的右心室起搏部位的优势和不足见表 5。

右心室心尖部位于右心室的左下方,由室间隔和游离壁共同组成。室间隔位于左、右心室之间,呈 45° 倾斜,室间隔上方呈斜位,随后向下至心尖呈顺时针方向作螺旋状扭转。右心室流出道位于右心室

前上方,内壁光滑无肉柱,呈锥体状。由于右心室心尖有丰富肌小梁易于导线固定,因此,被动导线常将其作为首选的植入位点。研究显示,长期右心室心尖部起搏可导致心脏收缩不同步,在某些患者可增加心律失常、心衰和死亡风险<sup>[28]</sup>。

右心室间隔部起搏可以减少起搏诱导的心脏非同步化的不良影响,但尚存争议<sup>[29]</sup>。其对右心室收缩功能和三尖瓣反流情况的影响与心尖部起搏类似<sup>[30-31]</sup>,而起搏参数也与心尖起搏相似<sup>[32]</sup>,但可减少导线植入时的心脏穿孔和拔除时右心室游离壁破裂的风险。

选择心室起搏位点时(包括传导束起搏),要综合考虑心脏结构特点、起搏导线类型和术者对技术掌握程度的差异,以及预计心室起搏依赖程度、患者心功能等,以确保手术安全性,并获得长期满意的起搏参数、维持良好的心脏结构和功能。

2013 欧洲心脏植入装置调查结果显示,约一半的中心将右心室心尖作为优选导线植入部位,47% 的中心选择右心室间隔<sup>[33]</sup>。国内不同的植入中心也存在不少差异。

#### 2. 心室导线的植入方法

(1) 导线跨三尖瓣:导线通过三尖瓣时,应将主动导线头端螺旋完全回收,避免损伤瓣膜装置

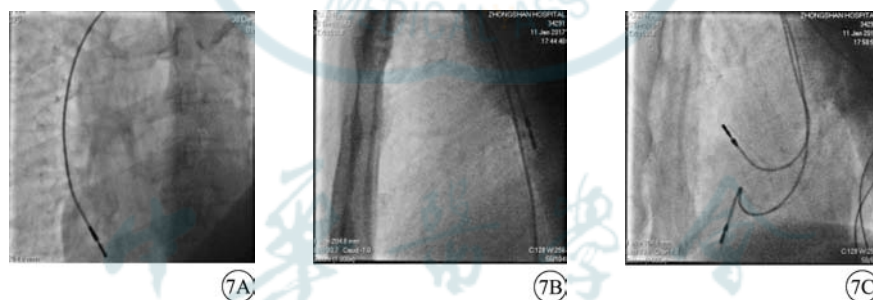


图 7 导线进入奇静脉(7A:前后位,显示导线在心影外,导线前端不能活动,僵硬;7B:左侧位,显示房室导线均在心影后方;7C:左侧位,调整位置后起搏导线植入右心耳和右心室心尖部)

表 5 右心室起搏部位的优势和不足

导线电极位置	优势	不足
右心室心尖部	技术成熟,易于定位,并存在方便固定被动导线的肌小梁	对左室功能、心力衰竭和死亡有远期负面影响,导线拔除风险高于间隔部起搏
右心室间隔部	虽尚存争议,仍认为是比右心室心尖部起搏更生理的方案,可减少潜在的起搏诱导的心脏收缩非同步化,并减少导线穿孔风险	解剖定位不明确,不能实现生理性起搏。其对右心室收缩功能、三尖瓣反流的影响以及起搏参数与心尖部起搏相似
右心室流出道	目前暂无证据证实该起搏部位起搏的优势	目标区域更小,壁薄易穿孔。高位时固定并不可靠

和心内膜组织。推送导线遇到阻力时切忌暴力前推,可通过旋转塑形钢丝尾端调整前进方向。将导线送入肺动脉可以证实未误入左心室或冠状静脉,亦可避免压迫腱索。在操作过程中如未见室早,需注意可能未达心室腔(例如仍可能在巨大的右心房内)。对于三尖瓣成形术后、三尖瓣下移畸形等特殊患者,可通过造影提前明确三尖瓣位置。

导线跨三尖瓣的方法有 3 种(图 8)。①弹入法:导线进入右心房后,后撤塑形钢丝 5~10 cm,使导线前端恢复柔软,当前端顶住右心房侧壁后旋转导线,使之通过三尖瓣进入右心室。②直入法:将钢丝制作 1 个适度的弯型,通过旋转调整导线头端方向,将其直接通过三尖瓣进入心尖部。③下落法:将指引钢丝制作约 30° 的弧形弯曲,通过适当旋转推送,使导线越过三尖瓣进入肺动脉,然后回撤钢丝同时回撤导线,导线依其重力下落到右心室心尖部。有研究认为直入法相较于弹入法和下落法,可能更能减少心脏穿孔和腱索撕裂的风险<sup>[34]</sup>。

(2) 右心室心尖部导线植入方法:导线跨越三尖瓣到达心室后,可送入钢丝恢复导线直硬状态,向左前下推送到位心尖部;或将进入肺动脉的导线缓慢后撤,同时回撤钢丝,导线会自然下垂,此时顺

势将导线前推就能进入心尖部(此时导线顶端无钢丝)。值得注意的是,导线进入心尖部是靠导线前端自身的重力,加上术者的推送,并非是依靠直钢丝用力前推的结果。实际上,导线进入心尖部时通常建议钢丝适当回撤,不要完全插入以减少导线顶端的压力,避免心脏穿孔的发生。

仅通过后前位透视难以区分导线是位于冠状静脉或右心室心尖部,应通过左前斜、右前斜等多个透视角度下确认(图 9)。右前斜 30° 能够有效地暴露心脏长轴并更好地显示心尖部,但如存在左心室扩大或心脏转位,导线头端可能不会充分延伸到心脏轮廓的左边缘。采用大角度右前斜位观察导线头端与三尖瓣的相对位置,有助于判断导线在右心室内长度。可通过改变钢丝塑形或稍回撤钢丝缓慢推送导线,使头端朝向间隔,减少穿孔风险。在左前斜 40°~60° 观察导线头端,其指向脊柱左缘通常为右心室间隔部,同时排除导线误入冠状窦分支或通过间隔缺损进入左心系统。通过起搏状态 12 导联心电图 QRS 波形态有助于鉴别导线位置,如起搏图形为右束支传导阻滞需排除误入左心室,建议术中可常规连接监护仪模拟 V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub> 导联。

被动导线在进入三尖瓣及在右心室腔内的推送过程中,有时会发生导线头端的翼被瓣叶或腱索阻挡,甚至缠绕,导致导线前端操纵困难。此时不能用蛮力强行回拉或前推以免损伤三尖瓣结构,可以通过适当旋转导线同时缓慢回拉导线的方法将导线游离。预防的方法:操作导线时要轻柔;前送导线遇到阻力后不能蛮力推送,应通过再次塑形钢丝或回撤钢丝等方法,结合心脏的收缩和舒张,使导线顺势到位。导线固定后,应以较高输出能量进行临时起搏,通过触诊观察膈肌活动,排除膈神经刺激。

被动导线是否可靠固定的判断方法:①透视下改变导线张力,观察头端固定情况;②透视下轻轻回拉导线观察是否有阻力;③稳定的起搏参数;④损伤电流。被动导线急性期损伤电流没有主动导线明显,持续时间较短,即刻起搏参数变化也小,因此,可以更快速判断起搏参数是否符合要求。

(3) 右心室间隔部导线的植入方法:主动固定导线的出现解决了右心室心尖之外其他部位起搏的技术难题。目前主动电极导线到位室间隔的方法有 2 种,即通过 3D 塑形钢丝或预塑形递送鞘,操控相应的可伸缩或不可伸缩螺旋主动导线

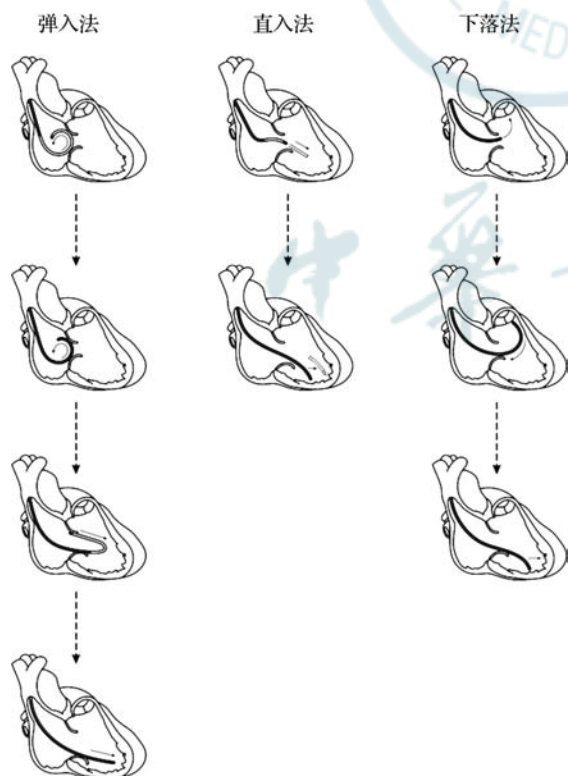


图 8 起搏导线通过三尖瓣的 3 种不同方法

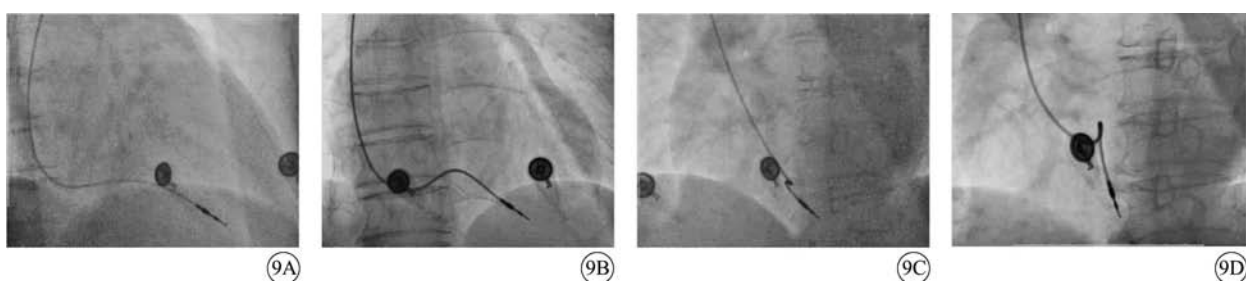


图9 不同透视体位下右心室导线在心尖部的影像学位置(9A:右前斜位,显示心脏长轴;9B:后前位;9C:左前斜位,导线头端朝向间隔;9D左前斜位,导线头端朝向心尖)

到位。

1) 植入方法:使用塑形钢丝操作导线行间隔起搏时,应先将钢丝制成3D鹅颈弯(图10),即钢丝头端10 cm左右的部分塑形呈 $120^{\circ}\sim 150^{\circ}$  U型成角,远端1 cm左右距离向后塑形呈 $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 成角。可以根据所需弯度的大小,通过手工塑形或使用注射器针筒、止血钳等锐器辅助塑形,使钢丝形成1个圆滑的弯曲。钢丝U型弧度内径及弯度大小可根据右心室大小适当调整,如遇横位心或心室扩大者,可适当增加U型弯的半径,遇垂位心或心室较小者,半径可适当减小。术者可先使用单弯钢丝通过三尖瓣进入肺动脉后,再更换3D塑形钢丝或直接使用3D塑形钢丝,通过旋转推送等手法将起搏导线送至右流出道近肺动脉瓣处。在右前斜 $30^{\circ}$ 透视下将导线缓慢后撤,后撤过程中通过旋转钢丝尾部手柄,调整导线头端至所需要的位置。在左前斜、右前斜等多透视体位下,证实导线头端到达拟固定部位,并尽可能使头端与间隔呈垂直关系(图11)。可采用单人或双人配合操作的方法,使用专用的夹子顺时针旋转导线尾端,透视下确认螺旋完全旋出后,退出导引钢丝。

有些中心也采用常规的单弯钢丝(与植入心尖部同)植入室间隔。与3D塑形钢丝相比,操作更方便,但由于无向后的弯曲成角钢丝的指引,



图10 塑形的鹅颈弯指引钢丝(钢丝头端10 cm处及远端1 cm处分别塑弯,为双弯3D形状)

因此植入室间隔的概率降低,有时可能植入到流出道或前室间沟,在影像上难以明确区分。

近年来随着预塑形递送鞘系统的推广,有研究评估其在间隔部起搏中应用。结果显示,与传统钢丝预塑形相比,预塑性递送鞘在间隔部起搏中具有定位准确、操作便捷、安全性好等优点<sup>[35]</sup>(图12)。另外,严重三尖瓣反流、巨大右心房、严重心脏转位等临床情况都会造成导线植入困难,而预塑形递送鞘在这些患者中具有优势,可以提高植入成功率。

2) 固定及参数不满意的处理方法:可伸缩螺旋主动导线头端螺旋完全伸出后,如仍固定有困难、参数不满意的,有经验的术者可尝试单手或双手旋转导线体部,使头端螺旋进一步深入肌层,以更好地到位和固定,防止脱位。需注意:a. 该操作仅适用于间隔部位的导线植入;b. 需透视下实时观察导线头端位置,同时观察损伤电流和阻抗变化,警惕穿孔风险;c. 深拧后需透视下检查头端螺旋是否保持完全出头(部分导线可使用其配套固定螺旋工具),同时除外是否出现螺旋损坏。另外,反复旋进旋出固定不同部位后,螺旋内可能被前次旋出时的心内膜组织填塞,导致后续再旋出螺旋时不能真正固定在新部位的心内膜上,易致反复脱位(由于螺旋内嵌入的组织不能显影,影像学上虽可看到螺旋旋进、旋出正常,但实际上已丧失再次旋入新植入部位心内膜的作用)。此时,需取出导线,观察螺旋内有无心内膜组织。如有,可用纱布或针头小心移除这些嵌顿在螺旋内的组织,确认螺旋结构及功能正常后可重新植入。

3) 植入间隔部的判断方法:常用的右心室间隔部位起搏的术中判断方法:通常以左前斜 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 下观察导线头端指向脊柱用于判断是否为间隔起搏(图11、12)。左前斜 $40^{\circ}$ 在短轴上可能无法充分展示心脏,而在左前斜 $60^{\circ}$ 常能更好地显示

与间隔的关系<sup>[36]</sup>。右前斜可判断前、中、后间隔,心尖或心底。另外,右前斜位下如起搏导线头端接近心脏前缘,提示导线头端可能位于前游离壁或前室间沟。也可通过起搏心电图形态来判断导线的上下位置。如在流出道高位起搏时,II、III、aVF 导联

QRS 波主波向上,在流出道低位起搏时,II、III、aVF 导联 QRS 波可正负双向或向下为主(图 13)。但使用超声心动图、CT 或电解剖标测结果显示,心电图并不是右心室间隔部起搏的可靠指标<sup>[37-40]</sup>。

传统的 X 线双平面法+钢丝预塑形并不总

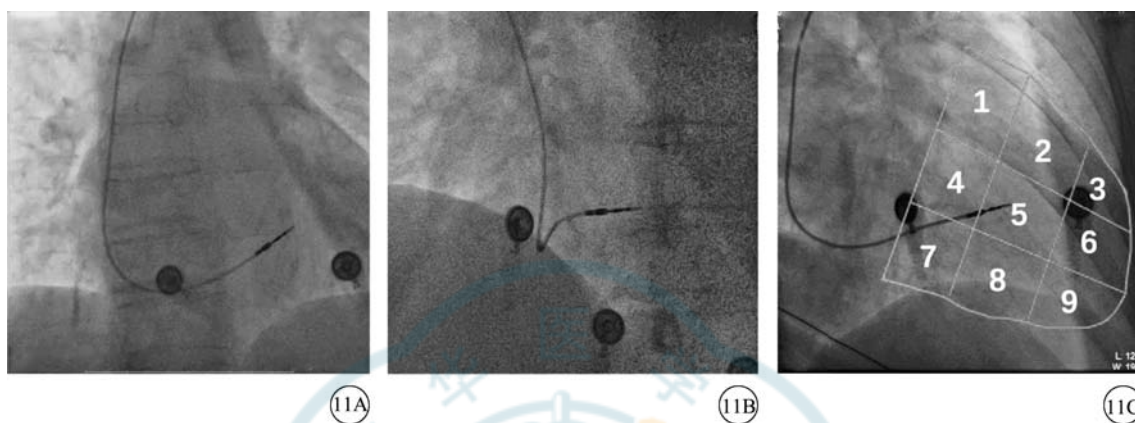


图 11 不同透视体位下导线在右心室间隔部的影像学位置 [11A: 后前位; 11B: 左前斜位, 显示起搏导线头端朝向脊柱; 11C: 右前斜位, 起搏导线头端位于九分法的第 5 区(中部间隔)]

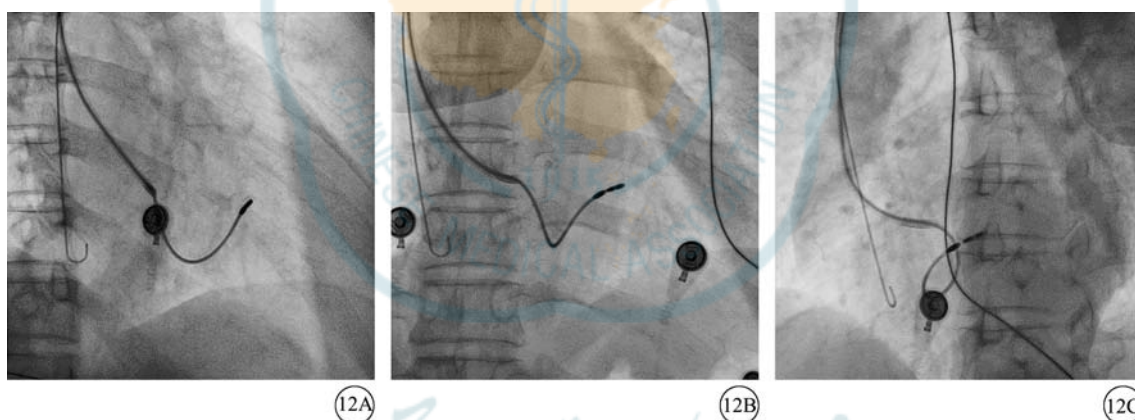


图 12 Selectra 3D 鞘配合 Solia S 主动导线到位右心室间隔(12A: 右前斜; 12B: 后前位; 12C: 左前斜)

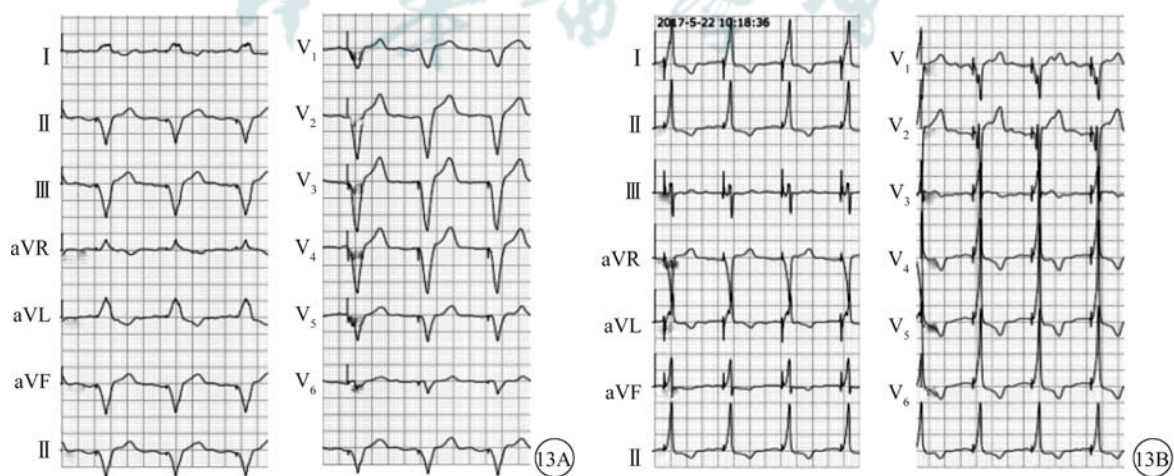


图 13 右心室心尖部和间隔部起搏形态 [13A: 右心室心尖部起搏, 胸前导联左束支传导阻滞(LBBB)图形, II、III、aVF 导联主波向下, QRS 波宽大畸形; 13B: 右心室中位间隔部起搏, 胸前导联 LBBB 图形, II、III、aVF 导联主波向上, QRS 时限较窄]

能准确地将导线定位到右心室间隔部。研究显示 35% 导线是位于游离壁上, 术后三维超声证实仅有 61% 左右导线位于间隔部<sup>[41]</sup>。

(4) 右心室流出道导线植入: 主动导线可用于右心室流出道间隔起搏, 但右心室流出道是漏斗状结构, 可供选择的植入目标区域更小, 壁薄易穿孔, 且高位时由于难以垂直将螺旋旋入心肌, 固定可靠性也存在问题。目前暂无证据证实该起搏部位起搏的优势和长期安全性。

3. 导线稳定性检测和张力调整: 退出钢丝前需预留一定张力, 在回撤钢丝的同时, 另一只手施加一定的推送导线的力量。全程需在透视下完成, 避免过度牵拉。

验证导线稳定性的方法: ①回撤钢丝后推送导线观察头端固定是否保持相对稳定的位置, 避免回拉主动导线。②通过适度变化张力, 观察测试不同条件下腔内电图、损伤电流、阻抗、阈值、感知以及透视下导线头端的位置和起搏形态是否稳定(传导束起搏时)。

导线在囊袋内固定前应给予适当张力, 以避免不同体位或膈肌运动时牵拉导线使导线移位, 或张力过高导致心肌穿孔。心尖部导线在心腔内形成 1 个鞋跟状的自然弧度(图 14), 室间隔部位导线通常呈反“J”的形态, 张力可稍高。术中可嘱患者做咳嗽、深呼吸等动作, 主要观察: ①导线头端固定是否稳定, 如出现频发室早需注意导线头端有无移位; ②导线在血管全程的形态, 尤其上腔静脉部位是否过度扭曲; ③心内段应贴靠右心房侧壁; ④跨三尖瓣位置有自然的弧度, 排除导线穿过瓣叶走行或与瓣叶缠绕。在静脉扭曲、肥胖、垂位心等情况下, 通常

需要腔内预留更多的导线。儿童的心室导线在植入前需要预估未来身高趋势, 预留足够的心腔内导线冗余在心房内以满足生长需求(图 15), 建议选用细软的导线(如 4.1 F, 3830, 美国美敦力公司)。该导线质地较软, 需在切开输送鞘的同时调整导线张力和走行, 可保留稍高张力, 以避免因上腔或锁骨下静脉扭曲导致的远期张力下降和脱位风险。

如植入双腔 PM, 通常建议将指引钢丝回撤至心房, 但不要完全撤离导线。一方面是为了增加心室导线的支撑力, 减少心房导线操作过程中对心室导线的影响; 另一方面也便于调整心室导线在心腔内的弧度。避免指引钢丝一直在心室内甚至是在导线的顶端, 因钢丝的僵硬可能反而会增加导线的不稳定性。待心房导线到位后再分别撤出心室和心房的指引钢丝, 透视下调整导线合适的弧度后囊袋内固定。

#### 4. 特殊情况下的心室起搏

(1) 国内外报道在三维电解剖标测系统指导下可无射线或低射线下植入 PM<sup>[42]</sup>。该方法适合妊娠患者, 可避免射线对胎儿的不良影响, 但仍存在技术缺陷, 可行性有待进一步论证。如, 由于三维系统不能显示导线整体模型, 不能观察导线的弯曲度, 可能存在张力过大或过小而导致心脏穿孔或导线脱位等。

(2) 永存左上腔静脉: 发生率约 0.5%, 术前多能通过常规超声心动图检查发现。在植入过程中, 导线经冠状静脉窦口进入右心房后与三尖瓣呈锐角, 同时冠状静脉窦血流增多, 导致导线不易顺利通过三尖瓣; 另外, 因导线在心房内需形成 U 型折返, 导致导线在右心室心尖部、右心室间隔部固定困难, 存在脱位的风险。因此, 如果同时存在右上腔静

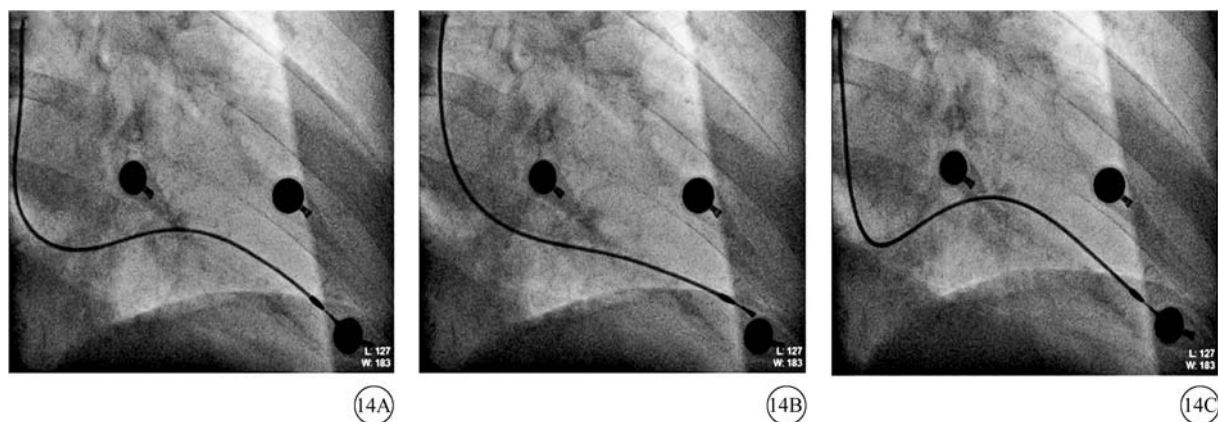


图 14 不同张力下的右心室心尖部起搏导线(14A: 正常张力、14B: 张力过低、14C: 张力过高)



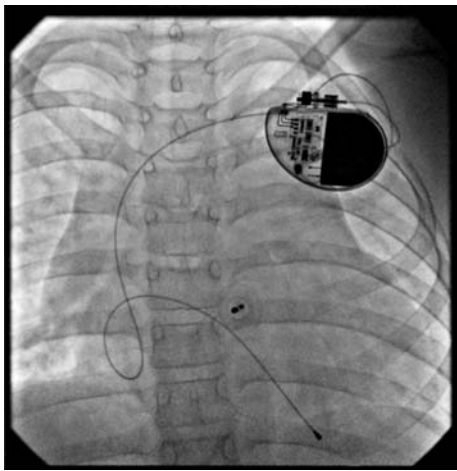


图 15 儿童先天性心脏病患者植入 VVI 起搏器  
(心腔内留有足够的导线)

脉,建议采用右侧植入路径。当合并右上腔静脉缺如、无交通支、右侧血管闭塞/感染等因素时,则只能选择左上腔静脉途径植入起搏导线(图 16)。此时,建议右前斜位观察导线是否跨过三尖瓣环进入右心室。多选用主动固定导线,将钢丝塑形成 $\alpha$ 型可使导线较易跨过三尖瓣环;也有报道使用无内腔主动固定导线配合预塑形鞘管定位到右心室间隔部。除颤导线质地较硬,不易塑形,使通过左上腔静脉植入导线难度增加;如在右侧植入除颤导线,需注意除颤阈值增高风险,建议术中除颤阈值测试。

(3) 三尖瓣重度反流:尤其在二尖瓣置换术后的患者时能遇到。植入中可能遇到的挑战包括导线头端跨瓣困难和增大的右心房和三尖瓣重度反流对导线到位及稳定固定的影响。有时高速反流的血流(尤其在合并三度房室传导阻滞及房颤的患者)使导线难以跨瓣或没有机会贴靠心肌,此时往往使用

被动导线反而容易勾挂并固定到肌小梁上。此外,经鞘植入导线亦是 1 个解决的方法:经鞘植入时建议导引钢丝先跨瓣至远端流出道,取得足够支撑保证递送鞘顺利跨瓣,导线固定后要注意影像下判断导线与三尖瓣的位置关系,避免穿腱索固定。国内有学者研究显示,对于重度三尖瓣反流患者,心尖部受大量血流快速冲击的作用下不宜固定到位,而通过三尖瓣后折向流出道,由于此处血流冲击较小,主动导线相对容易固定<sup>[43]</sup>。

(4) 生物瓣换瓣术后或三尖瓣环缩术后:前者通常不建议采用跨瓣的心室起搏方式,可采用外科小切口植入心外膜导线或经冠状静脉的心外膜起搏。如跨瓣送入心室导线,需尽量减少导线对三尖瓣的影响。外科术后瓣口偏小,通过钢丝指引导线过瓣一般较为困难。可在扩大的右心房内将导线弯曲,然后通过边回撤钢丝和导线,边适时向前推送导线的相对运动通过三尖瓣口;或可先将导丝通过三尖瓣,引导预塑形输送鞘进入心室,在输送鞘指引下操作导线到位。

(5) 三尖瓣机械瓣置换术后:跨瓣植入右心室导线是绝对禁忌。起搏导线会影响机械瓣叶关闭,易致三尖瓣严重反流,并极易损伤起搏导线。可选择替代的方案:采用外科小切口植入心外膜导线或经冠状静脉的心外膜起搏方式(在寻找冠状窦口过程中同样存在损伤三尖瓣机械瓣的风险),同时需注意心外膜导线远期阈值稳定性和膈神经刺激等问题。

#### (五) 传导束起搏

传导束起搏包括希氏束和左束支起搏,是近年来生理性起搏的重要进展,应用逐渐广泛。该起搏方式可预防心室起搏依赖伴左心室功能下降患者心

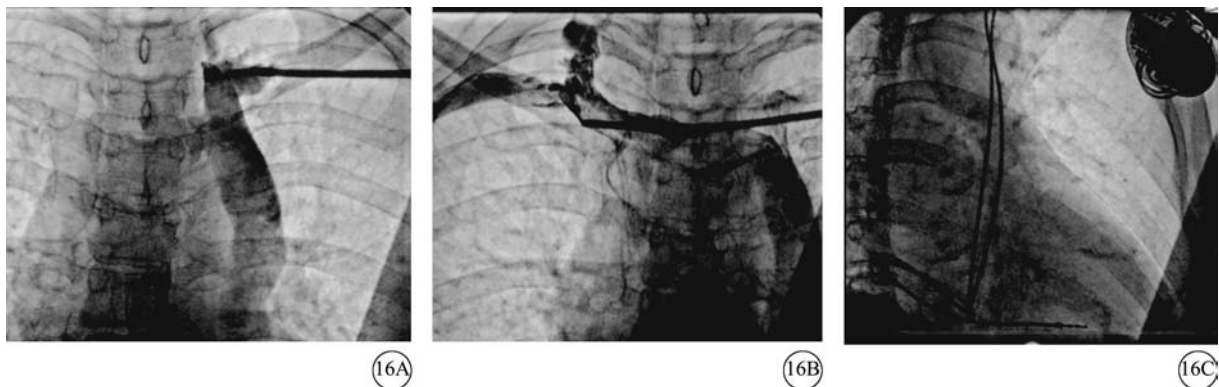


图 16 经永存左上腔静脉植入起搏导线(16A:前后位,经左侧静脉造影显示永存左上腔静脉;16B:前后位,经交通支造影发现右上腔静脉;16C:前后位,经永存左上腔静脉植入心房和心室导线,分别位于右心房外侧壁和右心室心尖部)



衰的发生发展,并可通过纠正完全性左束支传导阻滞,治疗因双心室不同步引发的心衰<sup>[44]</sup>。

1. 希氏束起搏植入方法:绝大多数患者通过电位和起搏标测相结合,可以直接用起搏导线于房室交界区标测到希氏束。此外可以使用双导线法、三尖瓣瓣环造影、三维电生理标测系统或心腔内超声下指导定位。

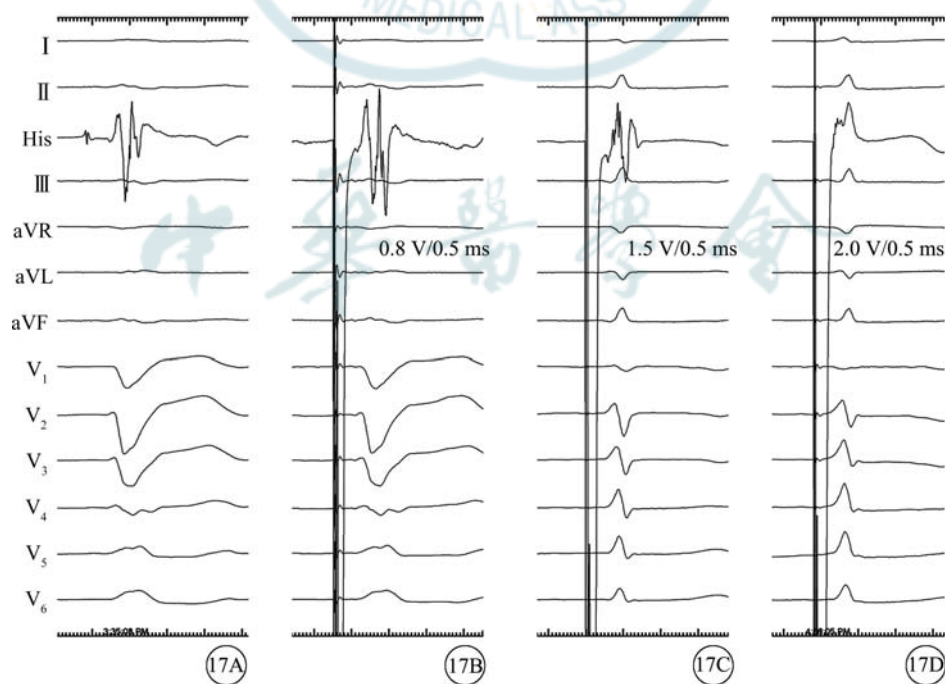
定位希氏束后将主动导线旋入希氏束,仅头端出鞘,一手保持鞘管稳定垂直指向间隔方向,同时另一只手顺时针方向旋拧鞘口外的导线,一次连续拧入不超过 4 圈,可重复该过程,建议在影像下动态观察鞘是否方向垂直以及导线头端位置。

操作过程中应多次行参数(感知、阈值和阻抗)测定,包括单、双极等不同极性均测试并记录。同时记录不同输出电压时的起搏形态,记录选择性和非选择性夺获的阈值(图 17)。在非起搏依赖的患者中希氏束夺获阈值应低于 2.5 V/1.0 ms,起搏依赖患者除了传导束阈值外,应有较低的内膜阈值作为自身备份,否则应考虑植入心室备用起搏导线。考虑到希氏束起搏导线的长期稳定性和安全性,避免阈值升高引起失用,建议采用更严格的夺获希氏束阈值标准,如 <2.0 V/0.5 ms,并确认跨越阻滞部位。

2. 左束支起搏植入方法:操作过程中术者可先

定位希氏束,以此作为标记植入左束支起搏导线。左束支起搏的初始位置:右前斜 30°,希氏束与心尖部连线上,希氏束远端 1.0~1.5 cm 处。导线旋入间隔时,逆时针旋转鞘管保持导线头端垂直于间隔并提供足够的支撑力。顺时针旋入导线过程可观察到:①起搏时 V<sub>1</sub> 导联上 QRS 波底部的顿挫逐渐移动到 QRS 波的终末,直至出现终末部分的 R' 波,即起搏形态由左束支传导阻滞变为右束支传导阻滞图形(图 18、19);②单极起搏阻抗增加;③影像上看到导线位置变化并出现支点运动(Fulcrum 征),即导线植入间隔内的部分保持相对固定,不随心脏收缩而移动,而其未植入间隔内的部分则随心脏收缩而摆动,整个导线呈现支点运动。

当导线头端旋入间隔 6~8 mm 时和/或起搏形态呈右束支传导阻滞图形时和/或出现右束支传导阻滞图形的室早时,建议进行高低电压起搏,若高电压起搏能缩短达峰时间则提示导线已接近左侧传导系统。此时应监测起搏形态和阻抗(单极阻抗 >500 Ω),避免导线穿孔至左心室腔内。当确定低阈值即可夺获左束支时(通常 <1.5 V/0.5 ms),停止旋入导线。左束支起搏的电学特征包括起搏形态呈右束支传导阻滞图形、左束支电位、起搏钉到左心室激动时间和选择性和非选择性左束支起搏。



注: His 为希氏束

图 17 希氏束起搏(HBP)纠正左束支传导阻滞(LBBB)心电图及腔内电图(17A:自身;17B:HBP 夺获传导束;17C:选择性 HBP 纠正 LBBB;17D:非选择性 HBP 纠正 LBBB)

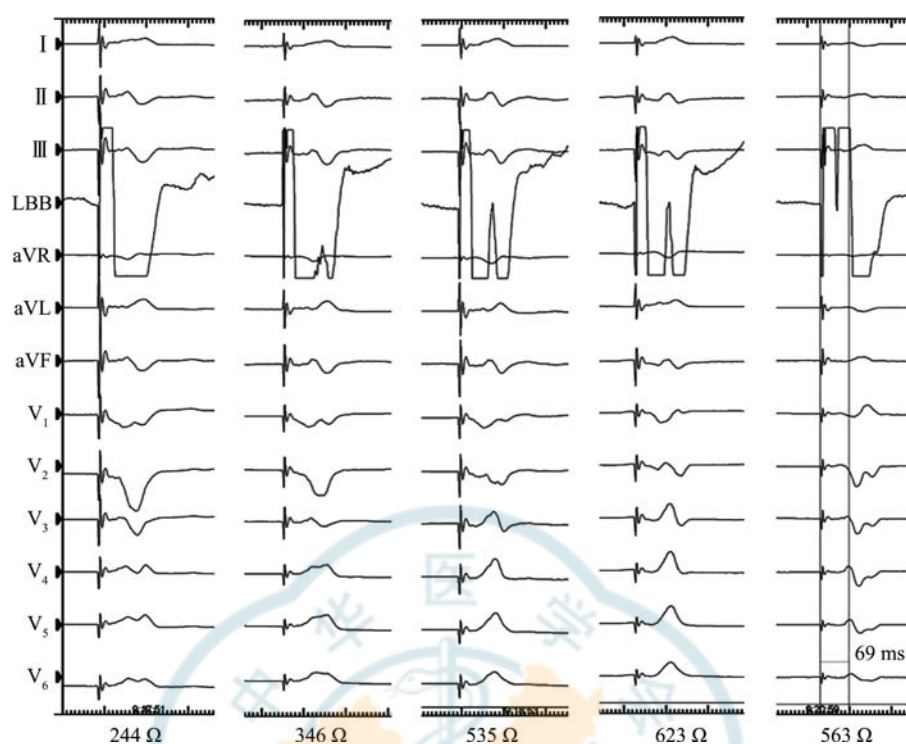


图 18 左束支(LBB)起搏导线旋入间隔过程中起搏心电图 QRS 波的变化

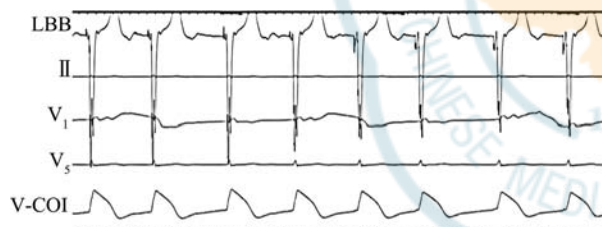


图 19 术中腔内电图连续单极记录[在旋入过程中从小左束支(LBB)电位逐渐振幅增大,电位极性反转伴损伤电流(V-COI)改变,提示导线位置更深,靠近LBB。同时监测V-COI可保持导线头端未突破左心室内膜]

在植入传导束起搏导线时,目前常规使用 3830 导线配合 C315 His/C304 递送鞘(美国美敦力公司)行传导束起搏,有术者尝试采用普通主动导线配合预塑形鞘(如 Selectra 3D 鞘)进行操作,但难度高,夺获传导束成功率低,远期安全性有待观察。一些特殊情况如伴有三尖瓣重度反流等,将影响导线定位和固定,常规使用的 C315 His 鞘可能因长度有限并缺少足够的支撑。可选用 C304 74 cm 长鞘,也可采用左心室导线递送鞘为 C315 His 的外鞘的“鞘中鞘”方式提供足够的支撑。

针对存在左束支传导阻滞患者,在进行左束支起搏前建议先将右心房导线临时植入到右心室并连接临时 PM,避免术中因损伤右束支产生三度房室传导阻滞的风险。如植入 VVI PM,可先植入临时起

搏系统进行保驾。

为避免导线旋转和相互缠绕,建议植入心房导线前,先撤除弯鞘(如希氏束起搏/左束支起搏中使用的长递送鞘),暂保留直撕开鞘(以免被牵扯移位时需再重新穿刺静脉),待完成心房导线植入后再一并撤除。

3. 传导束起搏导线固定可靠性的判断:希氏束起搏中导线头端固定可靠是长期稳定性的保证。可靠固定的表现:①单极起搏阻抗在拧入中逐渐升高。②可通过鞘内造影在左前斜位显示头端进入心内膜下的大致深度。③术中记录到希氏束的损伤电流,提示固定准确,夺获阈值较好。同时可以采用以下方法进行测试:①回弹测试(rebound test):当导线固定后再顺时针旋转 2 圈,片刻后松开导线,固定可靠的导线表现为尾端会逆时针回弹相同圈数。②张力测试(slack test):退鞘至心房后调整导线张力,不同张力下腔内电位振幅不变伴阈值稳定,阈值变化  $< 0.3 \text{ V}/0.5 \text{ ms}$ ,则提示导线固定良好。撤鞘前应先先将鞘管退到房侧,让导线自然下垂调整适当张力并释放鞘内扭力。撤鞘后调整合适的导线张力,并再次测试阈值等参数。

左束支起搏时导线头端与支点之间的距离可以大致判断导线植入间隔的深度。左前斜  $35^\circ$  体位下通过鞘管造影可直观显示导线的确切深度(图 20)。

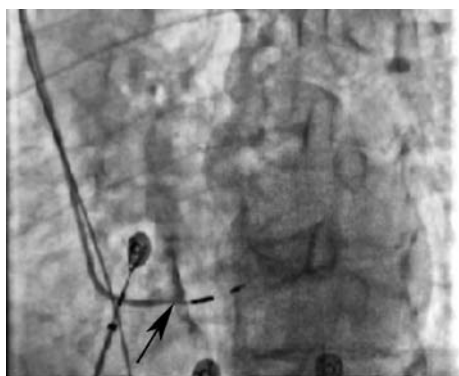


图 20 左前斜位下经鞘管造影,显示导线进入室间隔的深度(箭头所示为造影剂)

其他确定导线深度的方法还有术中或术后超声心动图、术后 CT 等。与希氏束起搏不同的是,不建议用回弹试验来判断导线固定是否良好,因有导致穿孔可能。左束支损伤电流可以预测较好的左束支夺获阈值。

#### (六) 右心房导线植入

通常,右心房导线多在右心室导线植入完成后进行。在选择 AAI、DDD 或双腔 ICD、心脏再同步治疗(cardiac resynchronization therapy, CRT)时都需要植入右心房导线,由后者完成心房感知、心房起搏以及通过脉冲发生器实现房室电、机械活动同步的功能。当然,通过心房导线尚可监测房性快速心律失常事件。

与心室可以选择不同位点起搏一样,心房也可以有不同的起搏位点。多选择右心耳(right atrial appendage, RAA)起搏,当然也可植入非 RAA 的部位。可选择被动固定导线和主动固定导线,2 种导

线植入的方法略有不同,亦各有利弊。

1. RAA 的解剖:心房导线通常植入在 RAA 部位。RAA 位于右心房前侧三角区,是固有右心房左前方锥体形盲囊突出的部分,遮盖升主动脉根部的右侧面,左下方与右心室流出道右外侧缘相邻。RAA 内面梳状肌发达,其后由界嵴与右心房的平滑部分(腔静脉窦)相隔。RAA 壁平均厚度为  $(1.38 \pm 0.05)$  mm (范围 0.64~4.25 mm),梳状肌间隙的平均厚度为  $(0.39 \pm 0.23)$  mm (范围 0.09~1.05 mm),相邻梳状肌之间的平均距离为  $(0.88 \pm 0.99)$  mm (范围 0.04~4.12 mm)。右心房壁明显比右心室壁薄,因此,心房导线致心脏穿孔发生率高于心室。RAA 可分为近端的窦部和远端的囊部(最左侧),均可植入心房导线,在影像学上的位置有所不同。右侧膈神经分布在右心房心包外侧壁表面,因此,如果发生心房导线穿孔可能会刺激膈神经,产生膈肌跳动。

2. 被动 J 型导线植入方法:翼状被动导线顶端的 3 个小翼可锚定在 RAA 内的梳状肌之间,达到被动固定的目的。

(1) 植入方法:首先将翼状导线配备的直指引钢丝完全插入心房被动导线,然后自扩张鞘送入导线进入右心房。导线抵达右心房下部后部分回撤直钢丝,导线顶端会随钢丝的回撤逐渐从拉直状态向其固有的 J 型形状过渡,此时缓慢回拉并旋转心房导线,或可适当抖动心房导线,通常就能使其锚定在 RAA 梳状肌间。整个过程通常在数秒钟内即可完成。在前后位下导线顶端指向左前上,多位于 12 点到 2 点之间(取决于位于 RAA 的窦部还是囊部,图 21),并随心脏搏动左右摆动。无论窦部还是囊

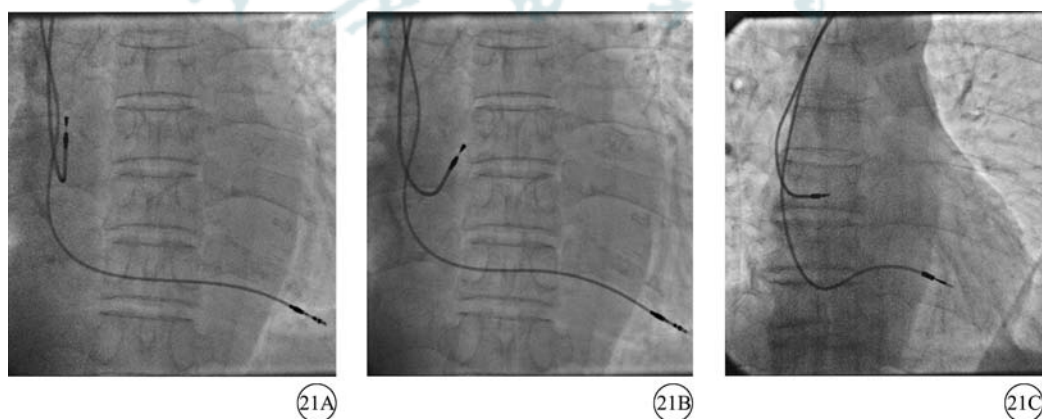


图 21 右心房导线植入右心耳前后位下的影像[前后位下导线顶端指向左前上,多位于 12 点到 2 点之间。21A:右心房导线位于右心耳窦部(12 点左右);21B:右心房导线位于右心耳囊部(2 点左右)。21C:患者在深吸气时,导线头端由 J 型变成 L 型]



部,均是常见的植入部位。通常摆动明显的部位起搏参数多满意。如导线植入在 RAA 前壁(前后位时朝向术者),可在左前斜或右前斜位下观察摆动情况。

(2) 观察导线固定的可靠程度:有多种方法,多在前后位影像下进行判断,观察导线头端在各种动作时的位移情况。①深呼吸,通常深吸气时导线头端呈 L 型,呼气时呈反 J 型(图 21)。②咳嗽,用力咳嗽时观察导线固定的可靠性。③轻轻回拉(判断有无阻力)或前送导线观察导线部位固定牢靠程度。如果轻轻回撤导线就能使电极移位,说明此处导线头端的 3 个小翼没有充分锚定好,建议更换电极位置。

(3) 参数测试:判断导线固定可靠后即可测试起搏参数(参见本节第五部分)。由于 RAA 左下靠近右心室流出道外侧,若将心房导线固定于 RAA 囊部时可能会产生远场 R 波过感知(far-field R-wave oversense, FFRW)<sup>[45]</sup>,后者可导致不适当模式转换、心房抗心动过速起搏及影响 ICD 对室速的鉴别等,因此需要在程控仪腔内电图上判定是否存在 FFRW。如证实存在,应更换电极位置。在进行参数测试时建议钢丝保留在导线内(可回撤至上腔静脉处),以便固定或参数不满意时方便更换电极位置,包括调整导线的合适弧度。

电极位置及参数满意后需给予心房导线在心房内合适的弧度,避免张力太高引发导线脱位。通常以深吸气呈 L 型即为合适的弧度。当然,还要根据患者是否为横位心或垂位心来适当调整导线弧度,例如患者肥胖呈横位心时应适当在心房内多留置导线(给予更大的弧度),以免患者在术后站立时导线明显拉直。另外,导线前端的张力和弧度会影响心房双极导线对近场(P波)和远场 R 波的感知向量,虽然多数情况下并无明显临床意义。固定及参数均满意后撤除钢丝(通常与之前到位的心室导线先后撤出钢丝并分别固定)。

随着主动导线应用的推广,心房被动 J 型导线的使用有减少趋势,但仍有部分中心作为首选。对于右心房增大致心房壁菲薄、原心房主动导线穿孔的患者,被动 J 型导线是合适的选择。相较于心房主动导线,被动固定导线心房穿孔发生率低<sup>[46]</sup>。

3. 主动导线植入方法:目前很多中心都在逐渐推广使用心房主动导线。主动导线的优势:①如果移除导线,相比被动导线更容易和安全。②除了常规 RAA 部位外,可以进行选择性心房其他部位的起

搏,包括由于常规 RAA 固定或参数不满意时。弊端是心房穿孔率高于被动导线。

(1) 植入方法:首先将直钢丝插入心房导线(国内多使用头端非 J 型的直导线),通过扩张鞘将心房导线送入心房内。然后选用导线包装盒中配备的其中一款 J 型钢丝与直钢丝交换。J 型钢丝应缓慢插入导线,如前送遇到阻力(钢丝的 J 型形状所致)会导致导线回退,应注意避免导线被拽出。此时,通过适当前送或后退导线,多能顺利送入 J 型钢丝。将后者插到导线顶端,在右心房中下部适当旋转并上提导线,多能使导线顺势固定在 RAA。如数次尝试不成功,多是 J 型钢丝的弧度与患者右心房大小不匹配,可以更换包装盒内其他形状的 J 型钢丝(通常配备 3 根不同弧度的 J 型钢丝),必要时可重塑钢丝的弯度。

通常建议先测试基本的起搏和感知参数,满意后再旋出螺旋。益处:①避免反复旋出螺旋导致心房穿孔概率增加;②反复旋进旋出螺旋容易导致螺旋受损;③螺旋内可能被前次旋出时的心内膜组织填塞,导致后续再旋出螺旋时不能真正固定在新部位的心内膜上(见心室导线植入部分);④测试基本的感知和起搏参数并不耽误太多手术时间。

旋出螺旋时不要前顶钢丝,建议可适当回撤部分钢丝(多不会导致导线脱位),以免导线顶端过度受力致心房肌穿孔可能性增加,甚或导致毗邻的主动脉根部损伤(当导线植入 RAA 窦部时)。相对于 RAA,心房内侧游离壁更易穿孔,因此,用主动导线时应尽力避免导线放置在右心房内侧壁。应在透视下观察确定螺旋是否旋出。各种主动导线旋出后 X 线表现不一,参见心室主动导线植入部分。

(2) 固定可靠性判断:判断导线固定是否可靠的方法同心房被动导线,但通常不建议过分回拉导线。可以观察损伤电流,可见 PR 段抬高。由于不如心室 ST 段抬高易辨识,因此记录损伤电流并非一定是不可或缺的步骤。但对于房颤患者,由于不能测试起搏阈值,因此,如存在损伤电流,则说明电极贴靠牢,该处心肌活性好,是个很好的协助判断标准。

测试参数,满意后撤出 J 型钢丝。撤出钢丝时导线头端常发生扭曲、抖动,通常并不会因此使导线脱位,当然可借此判断电极是否固定可靠。所给导线的弧度及注意事项同被动导线。

4. 右心房其他部位的起搏:这些起搏部位

包括 Bachmann 氏束 (BB) 起搏、低位房间隔 (low atrial septum, LAS) 起搏和双心房起搏,后者包括右心房双部位 (如 BB+LAS) 及左、右心房同步起搏,其中,左心房起搏多通过冠状窦在心脏静脉内植入导线 (如 2188 导线) 实现。双心房起搏需放置 2 根导线,多需要使用 Y 型接口与脉冲发生器心房孔相连接。相对于传统 RAA 起搏,这些心房部位的起搏可以直接或间接刺激连接左、右心房间的电传导结构,有利于双心房激动的同步化,起搏 P 波的宽度较正常 P 波缩短。可降低由房间传导阻滞参与的阵发性折返性房性快速心律失常的发生;另外,由于左心房相对提前激动,使左侧房室传导时间相对延长,左心室充盈更充分,因此,能改善心房起搏依赖的 CRT 患者的血流动力学效果。

相对于心室选择部位 (室间隔或传导束) 起搏,非 RAA 部位起搏虽在临床上应用,但由于心房机械活动远没有心室重要,加之右心房内供可靠固定和起搏的部位并不多,影像学上的解剖位置难以统一明确;另外,目前尚缺乏足够的随机对照研究,而已有的临床研究结论也不一致<sup>[47]</sup>,因此,非 RAA 起搏部位的临床应用有限,并非常规使用。

非 RAA 部位起搏的适应证包括常规 RAA 固定或 / 及参数不佳、反复脱位、RAA 已被切除,存在房间传导阻滞的慢 - 快综合征患者 (预防房性快速心律失常) 以及预计心房起搏依赖的 CRT 患者 (利于左心房对左心室的充盈)。

BB 起搏或 LAS 起搏需要主动固定导线,且需要特殊塑形钢丝或可调弯度钢丝 (如雅培公司的 Locator) 或已塑形鞘管 (如 C315 鞘)。Bachmann 束位于右心房顶部和右心房间隔的交汇处,此处起搏位置高于 RAA 起搏,但左右摆动相对 RAA 起搏小,起搏 P 波比自身 P 波短 10~20 ms<sup>[48]</sup>。

LAS 起搏相对更常使用。心室导线通过三尖瓣时形成的曲折部分为三尖瓣口的下环,在此环上方就是低位房间隔区域和 Koch 三角区。通过塑形钢丝 (约 90° 弯曲) 或 Locator 或 C315 鞘可将导线置于 LAS。不同于 RAA 起搏时的左右摆动, LAS 导线呈上下运动 (这是由于心室收缩时房室环向下的力量牵拉所致),在 LAO 45° 时导线与房间隔垂直 (朝向脊柱方向,同室间隔起搏相似)<sup>[49]</sup> (图 22)。起搏 P 波在 II、III 和 aVF 导联倒置,且明显变窄 (图 23)。LAS 起搏降低了心房游离壁穿孔的可能,也有利于

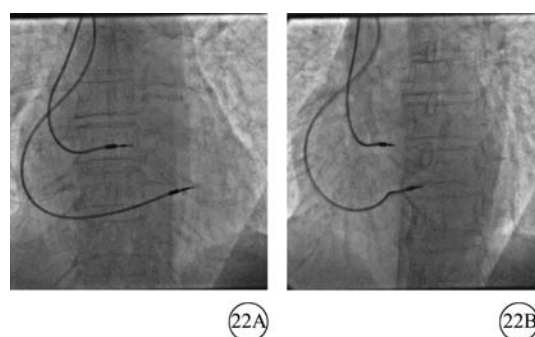


图 22 低位房间隔起搏影像 (22A: 前后位, 22B: 左前斜位; 导线指向脊柱方向, 与位于室间隔部的心室导线方向一致)

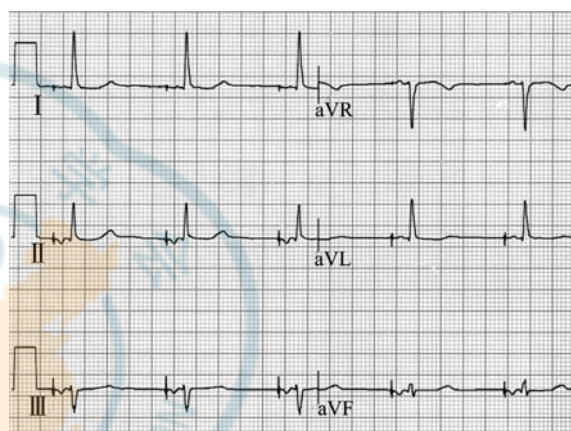


图 23 低位房间隔起搏心电图 (起搏 P 波在 II、III 和 aVF 导联倒置, 且明显变窄)

心房之间加快电传导。但应注意的是,因更靠近心室, LAS 起搏更容易产生 FFRW, 且该位置毗邻主动脉根部, 需谨慎操作避免损伤主动脉。

#### 5. 特殊情况下心房导线的植入

(1) 右心房增大或常规部位参数不满意: 当患者存在器质性心脏病致心脏结构异常, 如右心房、右心室明显增大或心房肌纤维化时, RAA 会发生移位或起搏参数不佳。如果前述 RAA 的影像学解剖位置难以固定或参数不佳时, 可操纵指引钢丝在导线中的位置, 适当调整导线顶端形状, 同时旋转导线, 寻找固定可靠且在心脏搏动时左右摆动明显的部位。有时在前后位 X 线影像下可能位于右心房外侧壁或右心房下方 (图 24)。只要固定可靠且参数好, 并非所有患者一定要求心房导线都在标准的影像学位置。

相对于常规位置的 RAA, 右心房外侧壁距离左心房远, 房间传导时间更长, 起搏的 P 波往往更宽, 导致左心房的激动更晚。因此, 就左侧房室同步而言, 尤其在 CRT 患者, 外侧壁的心房起搏可能会进一步削弱左心房对左心室的充盈作用。另外, 右心

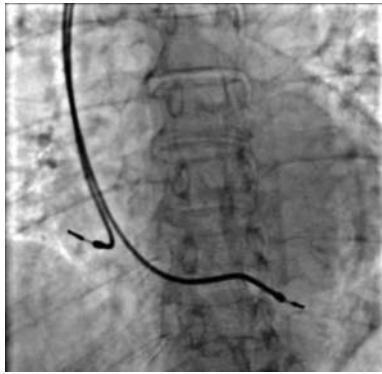


图 24 右心房被动导线 X 线影像,前后位下位于右心房下外侧壁

房外侧壁主动导线更应谨慎心房穿孔的可能。如术中出现产生胸痛、膈神经刺激(此处距离膈神经近),虽此时参数尚可(并未发生心肌穿孔),但多考虑导线已穿破心房壁并接触心包脏层。如术中出现上述现象,应及时更换心房起搏部位。

(2) 永存左上腔静脉:不同于心室导线,心房导线通过永存左上腔静脉后多能容易顺势进入右心房侧壁。由于受制于左上腔静脉及粗大冠状静脉窦口上端的限制,操纵心房导线进入 RAA 通常比较困难。此时多使用主动固定导线固定在右心房侧壁上(图 16C)。注意张力要适当,避免发生心房穿孔及膈神经刺激并发症。

(3) RAA 缺失:如患者术前曾行心脏外科手术,如瓣膜置换、冠状动脉旁路移植术等涉及体外循环时,尤其是早年术式,有些心脏外科医生可能会切除或结扎 RAA。此时如使用被动导线可能不容易固定在 RAA 部位,可改选主动导线固定在其他位置。术前应了解患者相关心脏手术病史及术中记录,使心房导线植入手术更加有的放矢。

(4) 发生房颤:术中心房导线刺激右心房,加之术中交感或迷走神经张力变化可能诱发房颤或心房扑动(房扑),尤其对于阵发性房颤(慢-快综合征)患者。房颤并不影响心房导线植入的操作及固定可靠性的判断,只是给术中测试带来不便:不能测试阈值,测得的感知数值也偏低(是房颤波而非 P 波)。此时可以采取复律措施(药物甚或电复律)后进行测试,也可根据术者对固定位置的判断不必复律,只测试阻抗和感知,包括测试损伤电流证实接触良好及该部位心肌的可激动性。实际上,只要无明确结构性心脏病,心房导线位置及固定满意,恢复窦性心律后测试心房起搏参数多符合

要求<sup>[50]</sup>。

(5) 多部位尝试固定及参数不满意时的处理:临床上偶能遇到多次尝试都不能找到合适的位置及满意的参数(多数由于患者心房肌结构和功能存在明显问题,如心房肌广泛纤维化等)的情况,此时,可放弃植入心房导线,改为 VVI(R)起搏方式。因为勉强将心房导线放置在不满意的地方,术后产生导线脱位、感知起搏不良等并发症的可能性明显增加;而反复尝试致手术时间过分延长,也容易产生心脏穿孔、感染等并发症,应综合权衡利弊,适时改变手术策略。

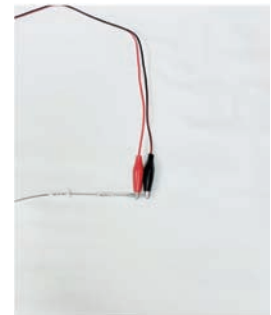
### (七) 参数测试

导线植入后,除在影像下判断螺旋已旋出(主动导线)、导线植入部位及摆动情况满意外,还需进行参数测试以保证术后 PM 或 ICD 正常工作。可使用起搏分析仪或程控仪进行术中参数测试。

1. 过桥线连接:测试前需确认过桥线连接正确。单极或双极测试均可(图 25)。单极测试时脉冲信号较大,更利于判断起搏脉冲及是否夺获。若使用程控仪进行术中参数测试,需先在程控仪中插入起搏系统分析仪模块,再连接测试连接线和过桥线,最后打开程控仪的起搏系统分析仪界面进行参数测试(图 26)。分析仪测试连接线上通常有两对鳄鱼夹,分别对应心房通道和心室通道。有 2 种连接方式:①测试心房或者心室导线参数时分别连接标记心房或心室通道的一对鳄鱼夹,并在分析仪操作面板相应选择心房或心室导线参数测试选项。②测试心房或者心室导线参数时,均连接同一通道的鳄鱼夹并在分析仪操作面板上选择相应参数测试选项;选择心室通道测试心房感知时需注意调整分析仪的感知灵敏度设置。



25A



25B

图 25 过桥线与起搏导线的连接[25A:单极测试时,黑色鳄鱼夹夹在导线阴极(导线尾端的金属杆),红色鳄鱼夹夹在皮下组织;25B:双极测试时,黑色夹阴极(导线尾端的金属杆),红色夹导线阳极环]



图 26 使用程控仪的起搏系统测试分析模块进行参数测试 [ 以美国美敦力公司 2290 起搏系统分析仪为例, 将起搏系统测试分析模块插入程控仪, 连接测试线与过桥线, 进入分析仪界面开始参数测试 ]

2. 测试内容及方法: 参数测试内容包括感知振幅、起搏阈值、起搏阻抗及有无膈神经刺激等。参数要求: 心房感知振幅  $\geq 1.5$  mV, 心室感知振幅  $\geq 4.0$  mV, 起搏阈值  $\leq 1.5$  V/0.5 ms, 起搏阻抗在正常规定范围 (通常为 400~1 200  $\Omega$ )。当然, 这些参数要求也并非绝对, 根据缓慢性心律失常特点、起搏依赖程度和术中情况等, 植入医生针对个别患者感知和起搏阈值的要求也可做出适当调整。建议对心房及心室起搏导线均进行膈神经刺激测试, 可以 10 V/0.5 ms 输出起搏, 观察有无膈肌跳动。

建议在心房、心室导线均植入完成后一并进行参数测试, 以减少手术时间。心房和心室导线测试的顺序无具体要求。测试导线参数时, 建议先测试感知振幅, 避免先测试起搏阈值导致少数患者因起搏依赖而出现心脏停搏。将起搏分析仪的起搏频率程控至高于自身心率, 并常规设置脉宽为 0.5 ms 下进行起搏阈值测试, 同步记录起搏阻抗。对于房室传导阻滞患者, 在阈值测试完成后, 建议逐渐降低起搏频率直至出现自身 QRS 波。对于心房导线, 感知振幅测试时还需注意在腔内电图中观察远场 R 波振幅 (建议  $< 20\%$  P 波振幅) (图 27)。有时心房在单极测试时不如双极测试时的 P 波振幅高, 此时, 多以双极测试的 P 波振幅为准 (因为术后脉冲发生器的感知默认值都为双极)。房室传导阻滞时, 心房起搏阈值测试建议单极起搏, 选择 P 波明显的体表心电图导联, 仔细观察心房起搏信号后是否有 P 波及 P 波与自身 QRS 波的关系以明确心房夺获的阈值 (图 28A)。当监护导联 P 波不易判断时, 针对房室传导阻滞患者, 随心房起搏频率的增加, 自身 QRS 波的频率下降也是心房被夺获的证据 (图 28B)。若术中房颤发作, 可复律后测试, 也可结合植入影像判断植入位置及固定可靠的前提下测试房颤波的感知振幅及起搏阻抗。

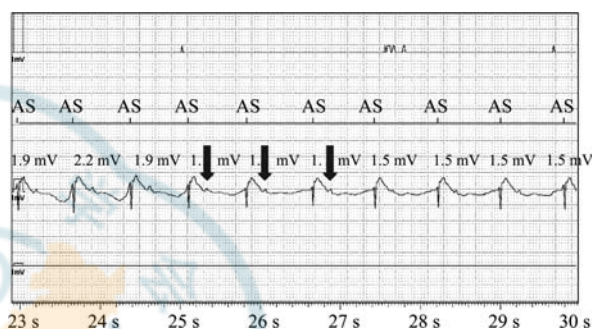


图 27 在心房导线感知振幅测试时需注意观察腔内电图中远场 R 波振幅 (建议  $< 20\%$  P 波振幅)

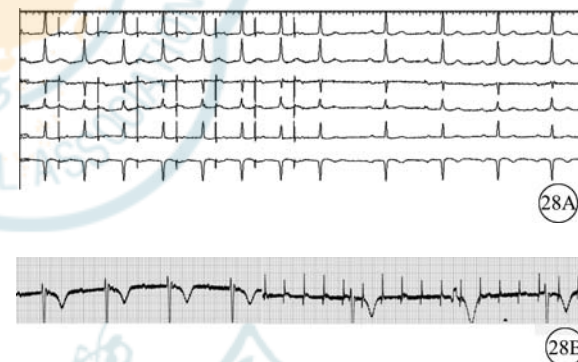


图 28 心房起搏测试与自身 P 波的关系 (28A: 心电监护上观察起搏 P 波形态与自身 P 波不同, 房室呈 1 : 1 下传; 28B: 前半部分为起搏前心电图, 3 : 2 下传; 后半部分, 起搏心房后呈 (4-6) : 1 下传, 心室自身频率比起搏前降低, 说明心房被夺获)

ICD 术中参数测试均使用双极测试。起搏阈值要求与普通 PM 类似。由于感知对于室性心律失常的正确识别以及快速性心律失常的鉴别诊断至关重要, 所以, 心室除颤导线感知振幅要求更高 (建议  $> 8$  mV)。测试时需在腔内电图中观察心室通道的远场 A 波振幅及心房通道的远场 R 波振幅, 避免远场感知, 并注意排除 T 波过感知。建议记录到明显抬高的损伤电流。

希氏 - 浦肯野 (希浦) 系统起搏 (希氏束起搏和左束支起搏) 参数测试时, 建议使用单极测试。

术中需结合 12 导联体表心电图、腔内电图判断夺获传导束的阈值、纠正左束支传导阻滞的阈值及区分选择性与非选择性起搏(图 17)。在非起搏依赖的患者中希氏束夺获阈值应低于 2.5 V/1.0 ms;起搏依赖患者建议有较低的内膜阈值作为自身备份。为避免阈值升高引起导线失用,建议采用更严格的希氏束夺获阈值标准,如 <2.0 V/0.5 ms,并确认跨越阻滞部位。左束支起搏手术中,当起搏导线头端旋入接近室间隔左心室侧时,应持续监测起搏阻抗(单极阻抗应 >500 Ω),避免导线穿孔至左心室腔内;同时可测试起搏导线环端的起搏阈值和阻抗,协助判断导线旋入室间隔的深度,同时观察损伤电流 ST 段抬高的高度。

3. 记录损伤电流:参数测试过程中建议记录损伤电流。起搏导线固定后出现损伤电流且其振幅越高、持续时间越长提示导线的稳定性较好。反之,如果损伤电流在出现后迅速消退则意味着导线位置不佳,移位或脱位的风险较高,需要重新放置和固定导线。未记录到损伤电流则提示导线与心肌接触不紧密、局部心肌活性存在问题(如瘢痕部位)或导线已穿孔。主动螺旋导线在螺旋旋出前,因导线头

端与心肌的接触,腔内电图中可观察到一定程度抬高的损伤电流;螺旋拧出后,明显抬高的损伤电流提示起搏导线与心肌固定良好(图 29)。如原本抬高良好的损伤电流突然低平或出现负向波形,则提示导线穿孔可能(图 30A)。过桥线鳄鱼夹的正负极连接错误也可出现损伤电流负向波形(图 30B)。若起搏导线固定后阈值偏高,但腔内电图显示损伤电流抬高程度满意,建议暂不调整起搏导线植入位置,继续观察阈值变化情况,通常阈值会在几分钟内下降(建议可等待 3~5 min 后重复测试);少数情况下,阈值虽有下降趋势但未到满意数值,若损伤电流仍有明显抬高且影像下判断导线植入位置及摆动满意,可等待更长时间观察阈值变化情况。感知振幅也可能受急性心肌损伤的影响,建议亦应重新测试。

通常有以下几种方式记录损伤电流。①使用起搏分析仪记录损伤电流:用过桥线连接起搏导线和分析仪,分析仪选择测量感知选项,直接观察、记录腔内电图及感知振幅数值。②使用普通心电图机或心电监护记录损伤电流:用过桥线连接导线和心电图机或心电监护的 V<sub>1</sub>(或 V<sub>3</sub>)导联导线,记录损伤

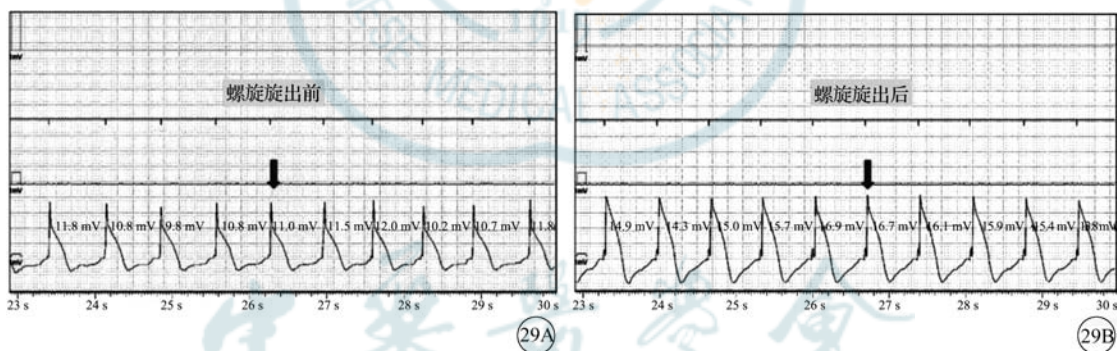


图 29 主动导线螺旋旋出前和旋出后的心室损伤电流变化

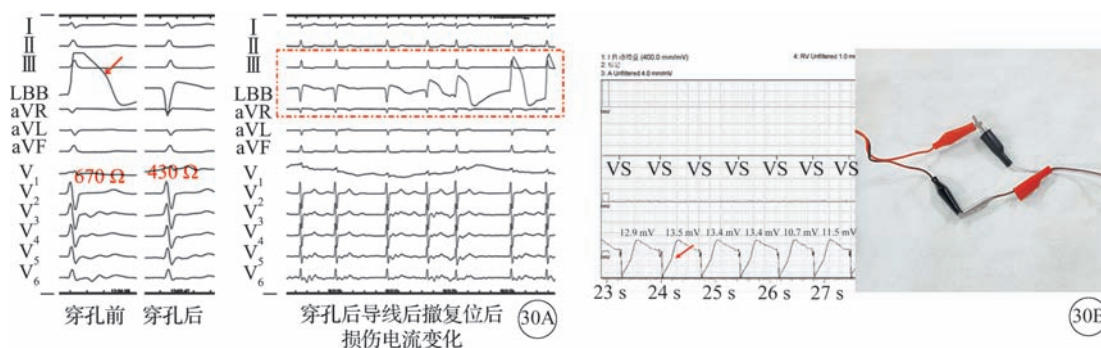


图 30 损伤电流异常的可能情况[30A:在左束支(LBB)起搏导线拧入室间隔的过程中,原本抬高良好的损伤电流突然低平,提示导线穿孔可能;缓慢将导线回撤,损伤电流逐渐恢复;30B:过桥线鳄鱼夹的正负极连接错误导致腔内电图中出现负向波形]

电流(图 31)。③使用程控仪记录损伤电流:用过桥线连接起搏导线和测试连接线,进入程控仪的起搏系统分析仪操作界面,进行损伤电流描记。

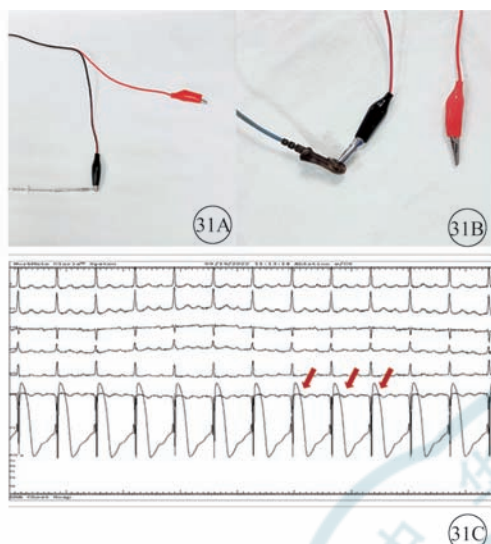


图 31 使用心电监护记录损伤电流及连接方法[用过桥线两端的同色鳄鱼夹(黑色或红色)分别连接起搏导线尾端金属柄(31A)和心电监护的 $V_1$ (或 $V_3$ )电极(31B),另一色鳄鱼夹旷置。心电监护记录的损伤电流(31C)]

#### (八) 固定导线,导线与脉冲发生器连接

1. 固定导线:确认导线头端固定良好、参数满意后,采用缝线缝扎固定导线。固定导线前应确保合适的导线张力,推荐心室、心房导线分别固定。将缝合套沿导线送至穿刺点再行缝扎有利于防止穿刺点渗血。缝扎时应注意:①缝合套需与静脉穿刺处的导线同轴,避免扭曲、打转。②缝线应结扎在缝合套上,而不能直接结扎在导线上,避免绝缘层损伤。③缝线需固定在肌筋膜层,而非皮下脂肪层,尤其在肥胖患者,皮下脂肪层疏松,固定不牢易导致导线脱位。④缝扎导线应采用“锚结”技术,即先在缝合套下方的肌筋膜层缝扎 1 个死结,然后再将缝线嵌入缝合套的沟槽打结固定(图 32)。研究显示该缝扎方法有助于更好地固定导线,降低导线脱位的风险<sup>[51]</sup>。不推荐直接将肌筋膜层连同缝合套一并缝扎打结,以免缝扎结松动导致的旋转综合征或棘轮综合征(棘轮-牵拉效应)。⑤缝扎打结不宜过份用力,建议缝扎 2~3 道力度适当的缝结,而非 1 道力度过紧的缝结,这样既确保导线固定牢靠,又避免过紧的缝线致使导线绝缘层甚至导体损伤。缝扎完成后应轻轻回拉导线,确认导线已稳定可靠固定。

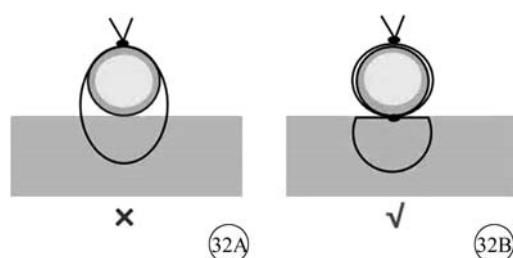


图 32 导线固定方法的示意图[32A:将导线缝合套连同肌筋膜层一并缝扎(不推荐,导线固定不牢靠);32B:先在肌筋膜层缝扎一道死结,然后再绕过导线缝合套的沟槽打结(目前推荐的缝扎方法,导线固定牢靠)]

2. 导线与脉冲发生器连接:鉴于不同品牌 PM 出厂设置不一样,建议在植入脉冲发生器之前对其进行手动预程控。如为单极导线,则需预先将脉冲发生器相应程控为单极模式;病态窦房结综合征患者可适当延长 AV 间期、打开心室起搏管理功能或心室自身优先功能,减少不必要的右心室起搏;植入 ICD 脉冲发生器前需将其除颤功能暂时关闭;植入 ICD 前预程控可实现术中无线遥测,便于确认导线参数及其与脉冲发生器的连接是否良好,减少术中直接接触程控探头导致的感染风险。此外,部分厂家脉冲发生器植入后有自检功能,在未连接导线时,其默认为心室双极、心房单极起搏(此设置在体外无法程控)。

为安全起见,一般建议先连接心室导线,再连接心房导线。将导线尾端电极杆的血迹擦干净并保持干燥状态后,方能插入脉冲发生器相应的插孔,确保导线与脉冲发生器接触良好,同时避免将来更换脉冲发生器时,导线与脉冲发生器发生粘连。切记:导线尾端连接杆必须完全插入脉冲发生器插孔,术者和助手需共同确认电极杆头端越过螺丝孔(否则会导致起搏系统断路)。然后将脉冲发生器配备的螺丝刀垂直于螺旋孔,顺时针旋转螺丝刀 4~5 圈,并听到“咔咔”声后,说明连接良好。旋转螺丝刀时应保持手套干燥状态,垂直旋入,避免打滑和卡顿。最后轻轻回拉导线,确保导线与脉冲发生器连接牢固。

#### (九) 起搏系统放入囊袋内并固定,缝合囊袋

1. 起搏系统放入囊袋内并固定:在脉冲发生器和导线尾端连接固定后,应将起搏系统放入预先制作好的囊袋中。在放入前应确保囊袋内无纱布,囊袋内无明显出血。起搏导线的盘绕方法值得注意,要将导线顺向盘绕至 PM 下方,再放入囊袋内。导



线的盘绕方法主要有 2 种: ①起搏导线在体外顺时针盘绕好压在脉冲发生器下方, 再一起塞入囊袋内。②先将 PM 塞入囊袋内, 再将导线顺时针绕行压在 PM 下方。以上 2 种方法导线均为顺时针的成圈压在脉冲发生器下方, 导线应顺势盘绕, 避免导线急转弯是降低导线磨损甚至断裂的有效方法。另外, 也不容易发生因张力过大弹出脉冲发生器外缘导致局部凸起、皮肤受压和破溃等。

起搏系统放入囊袋后应完成以下两个动作。①前后位下透视观察导线位置及导线弧度有无改变, 以明确在固定导线、盘绕并送入囊袋过程中是否使导线脱位或导线弧度明显变化(太大或变直)。如导线移位需重新放置, 如仅是导线弧度发生变化, 可用止血钳轻轻前推或后移导线(往往是由于导线没有与皮下组织充分固定好), 满意后多需重新牢靠固定导线。②观察监护导联心电图改变, 判断起搏心电图是否正常。也可通过遥测方式观察起搏参数, 尤其是阻抗(如正常范围, 说明连接可靠), 或用消毒好的磁铁或被无菌套包绕的磁铁放置到脉冲发生器上, 观察磁铁频率时起搏脉冲的发放及夺获情况。上述两个操作是确保导线位置及导线与 PM 连接是否可靠的重要判断方法, 建议作为标准常规流程操作。

在起搏系统放入囊袋并确认导线位置及参数正常后, 应将 PM 用缝线缝扎固定在胸大肌筋膜上。固定的目的主要是避免脉冲发生器的下坠, 尤其是皮下组织比较疏松者。但应注意打结的力度不宜过大, 否则肌肉组织容易扎断, 同时需注意避免损伤脉冲发生器下方的导线。

2. 缝合囊袋: PM 固定完毕后需缝合囊袋。建议逐层关闭, 分别缝合皮下层和表皮层。囊袋的缝合方法众多, 最常用的为间断皮外缝合法和连续皮内缝合法。间断皮外缝合法主要针对皮肤张力较大的脉冲发生器植入后, 采用普通丝线间断缝合, 每针独立打结, 一般每隔 1.0~1.5 cm 垂直进针, 针眼与伤口距离约 0.5 cm。这种缝合方法需要拆线, 而且容易在皮肤表面遗留蜈蚣脚样瘢痕, 影响美观。连续皮内缝合法采用可吸收线缝合, 先在皮下组织缝合一层后, 再在真皮层连续缝合回起始缝合处, 与起始缝合处预留的缝线打结并埋入皮下。该方法缝合后可吸收线一般最长 3 个月内完全吸收, 不用拆线, 因此住院时间短, 术后瘢痕少。

缝合方法需要根据手术切口皮肤张力情况、出血情况以及每个植入中心的习惯等综合决定。如果

皮肤张力高, 则选择皮外缝合; 如果皮肤张力低、皮缘对合良好可选择皮内缝合。

#### 四、起搏器植入术后至出院前的管理

PM 植入术后, 为减少切口及囊袋内渗血, 伤口局部给予纱布覆盖及弹力绷带加压包扎, 并完善以下检查: ①回到病房后, 注意局部囊袋情况, 有无出血等; 测量心率、血压, 听诊注意呼吸音, 关注气胸、心脏压塞等并发症; 完善 12 导联心电图, 注意起搏、感知等有无异常。②对于所有新植入导线的患者, 24 h 内完善后前位(必要时亦可加做侧位)胸部 X 线片检查, 以除外气胸等并发症, 并观察导线位置。③测试并程控 PM/ICD, 注意 PM 功能有无异常, 并根据患者心功能和心律失常类型等情况, 调整优化起搏参数。

PM 患者术后无需绝对卧床, 出院时间则因人而异。仅更换脉冲发生器的患者可当日或于次日伤口换药后出院; 国外报道对某些新植入患者也可当日出院, 并不增加术后并发症发生风险<sup>[52]</sup>。术后植入侧上肢需要适当制动, 避免反复上举、过度拉伸、大幅外展及用力挥臂等动作以免造成导线牵扯和脱位。术后 1 个月复诊确定参数正常后可逐步恢复正常活动。值得注意的是适当的制动并不等于完全不动, 1 项随机对照临床研究比较了限制上肢运动(制动和避免提重物 6 周)与正常肩膀活动相比, 后者发生肩部疼痛的比例显著下降, 导线脱位率无差别<sup>[53]</sup>。因此应避免 PM 术后过度制动。

随着《抗菌药物管理办法》的落实和推进, 国内 PM 围术期抗生素的应用逐步得到了统一和规范。一般情况下, 抗生素自术前开始应用至滴注完成后就不再使用。如有特殊情况, 如手术时间过长或患者有感染高危因素(例如肾透析患者行 PM 更换等), 抗生素的使用可延长至术后 48 h。预防性抗生素主要选择针对 PM 感染常见的革兰氏阳性菌<sup>[54]</sup>。

术后第 2 天伤口换药, 无菌纱布覆盖 2~10 d。可吸收线无需拆线, 丝线通常在术后 1 周拆线。在使用防水敷贴的情况下可正常淋浴, 否则需要待伤口长好后。嘱患者注意伤口局部情况, 有红肿渗液等情况随时就诊, 短期内无需常规复诊切口愈合情况<sup>[55]</sup>。正常情况下患者于术后 1~3 个月常规复查。

#### 五、围术期并发症及处理

PM 围术期并发症主要包括静脉入路相关并发症(如气胸、血胸)、导线相关并发症(如导线穿孔、导线脱位)以及脉冲发生器相关并发症(如囊袋血

肿、感染)。围术期常见并发症及其发生率见表 6<sup>[1]</sup>。围术期死亡非常罕见(0~0.1%),主要发生于有合并症者(如心衰)。

(一) 静脉入路相关的并发症

1. 气胸/血胸:难以完全避免。根据静脉入路的不同,气胸(图 33)发生率为 0.4%~2.8%。建议术后 24 h 内完善胸部 X 线片检查,必要时行 CT 扫描。压缩比例大、患者出现呼吸困难等症状者需胸腔穿刺闭式引流,压缩比例小且患者无明显症状者,可严密观察待其自行吸收。若穿刺时同时刺破血管和胸膜,就会形成血胸或血气胸(图 34)。此时视出血量大小、急缓及肺部压缩情况,可行穿刺抽吸血液和气体后严密观察,严重时需要外科紧急手术治疗。

表 6 围术期并发症类型和发生率(%)

并发症类型	发生率
操作相关的死亡	0~0.1
30 d 死亡	0.6~1.4
气胸	0.4~2.8
导线穿孔	0.1~1.5
心包积液	10.2
心脏压塞	0.5~1.5
导线脱位	1.2~3.3
囊袋血肿	0.2~16.0
感染	0.6~3.4
其他	<0.5

注:其他包括胸腔积液、血胸、主动脉根部穿孔、肺穿孔、心包积气、限制性心包炎、空气栓塞、心肌梗死、膈肌/肋间肌刺激、脑卒中、臂丛神经麻痹、膈神经麻痹、急性静脉血栓形成、肺栓塞、过敏和三尖瓣损伤等

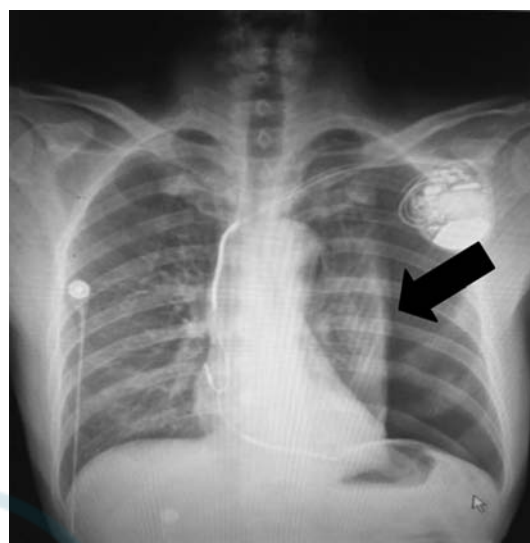


图 33 植入型心律转复除颤器术后胸部 X 线片提示左侧气胸(箭头提示气胸线)

气胸/血胸的危险因素包括年龄>80岁、女性、低体重指数、慢性阻塞性肺疾病、锁骨下静脉穿刺。为避免出现气胸,可选择头静脉切开或腋静脉穿刺的静脉入路,或者穿刺时可先用细针穿刺“探”血管,即使进入胸膜腔,损伤亦可降低至最小程度。

2. 误穿动脉:误穿动脉在临床操作中较为常见,可表现为血液脉冲式流动、鲜红色或送入导丝不能进入下腔静脉等。就误穿锁骨下动脉而言,若仅为穿刺针刺入,立即拔出并局部按压即可。但如果误插入扩张鞘,切忌直接拔除鞘,需立即请血管外科等其他学科会诊。鉴于一旦将扩张鞘误入动脉的后果严重,因此,必须强调严格按照操作规程,在 X 线透视下确认导引钢丝进入下腔静脉后方可插入扩张鞘。若已送入扩张鞘管,可尝试递进式换用内径小的鞘并压迫止血,若效果不佳,则需动脉造影以

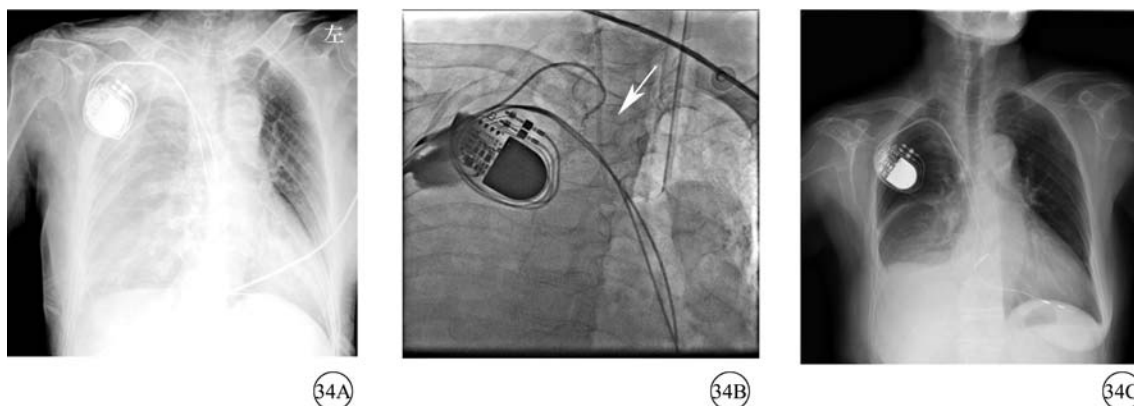


图 34 起搏器术后血胸[34A:右侧血胸;34B:选择性造影证实右乳内动脉损伤予以弹簧栓封堵(箭头处),34C:好转后胸部 X 线片]

明确,并应用凝胶海绵、弹簧栓、ProGlide 血管缝合器<sup>[56-57]</sup>、覆膜支架<sup>[58]</sup>或 Angio-Seal 封堵器<sup>[59-60]</sup>等方案止血。实际上,临床中穿刺时损伤小动脉或经动脉小分支至静脉形成动静脉瘘的情况亦不罕见,可导致肌层下血肿,部分患者可伴随血红蛋白水平显著下降。为预防上述情况,穿刺送入导丝后需关注穿刺点出血情况,若出血快、颜色偏红,需考虑动脉损伤,建议拔除后重新换部位穿刺。偶有指引钢丝证实在静脉系统,而进入扩张鞘时损伤了相邻动脉,送入导线撕弃扩张鞘时发现穿刺点渗血明显,此时撤除导线并不可取,可能反而使动脉损伤部位没有了填充物。建议首先压迫止血,如果效果不明显,可快速将导线放置到位后将固定套深深送入,用缝线将导线与周围组织结扎,往往能够起到止血作用。

3. 急性深静脉血栓:较少见。静脉入路的深静脉血栓形成可发生在植入导线后的数天,常见表现为植入侧上肢水肿、疼痛或沉重感,血管超声有助于诊断,必要时可行血管造影以明确。抬高上肢可略减轻症状,多能在数周内慢慢缓解。虽有溶栓的个案报道,但目前仍多采用抗凝治疗。通常给予抗凝 3 个月,此后复查,根据转归情况个体化调整抗凝总疗程。

4. 静脉空气栓塞:很少见。穿刺/切开静脉、经不带止血阀的鞘送入导线时,如患者深呼吸或咳嗽,胸腔成为负压,空气可能从静脉穿刺口吸入导致空气栓塞,透视下可见气体在右心室和/或肺动脉积聚。轻者可无明显症状,重者可出现呼吸困难、低血压、低氧血症和心脏骤停。此时,需要将患者调整为头低脚高位、给予纯氧吸入,必要时应用猪尾导管或右心导管抽吸空气。预防空气栓塞的方法是在穿刺血管时嘱患者避免深呼吸;选择与导线匹配内径的鞘管,避免选用过大扩张鞘;移除扩张鞘内芯时操作者用手指临时阻塞鞘开口,避免深呼吸;使用带止血阀的扩张鞘。

5. 其他:如臂丛神经损伤、胸导管损伤和皮下气肿等。臂丛神经损伤相对常见,穿刺时如患者上肢麻木明显,应及时终止该部位的穿刺操作,需要改变穿刺部位。误穿刺到胸导管(可发现穿刺针回抽到乳白色乳糜样液体)及皮下气肿少见,后者往往合并气胸。如发生,无特殊处理,可自愈。

## (二) 导线相关并发症

1. 导线穿孔:导线穿孔(图 35)的发生率为

0.09%~1.50%,多发生在急性期(<24 h)和亚急性期(<1 个月),远期穿孔发生较少。导线穿孔可导致急性心包炎、心包积液或心脏压塞、血胸、气胸、肺穿孔等。患者临床表现不一,轻者无明显症状,也可表现为胸痛、起搏阈值增高、膈神经刺激等,重者甚至出现心脏压塞、休克乃至死亡。

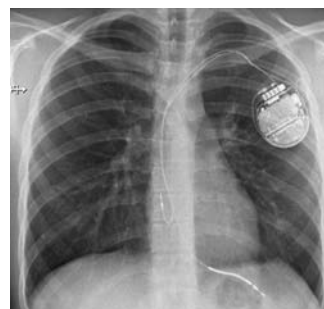


图 35 导线穿孔胸部 X 线片(可见除颤导线穿出心脏)

一旦导线穿孔诊断明确,应尽早行导线重置术,避免穿孔后导线移动,造成更大损伤。移除导线脱离穿孔部位,再次在非穿孔心脏部位放置原导线大多是安全的。需要强调的是,要在心胸外科后备的情况下进行该操作,并且需应用抗生素预防感染。如术后多年发现导线穿孔,不能明确穿孔发生的时间,此时内科方法移除导线不可取(导致心脏破裂的可能性明显增加),可旷置该导线,重新植入 1 根新的起搏导线。

若出现心包积液,要根据积液量、积液速度、对血流动力学的影响采取相应的干预措施。一旦合并血流动力学障碍或积液快速增加,需进行紧急心包穿刺引流、严重者可能需要外科开胸;若血流动力学稳定,则应密切观察,警惕加重。

导线穿孔的发生虽然与导线的质地和心脏基础疾病有关,但主要还是取决于导线施加于心肌的压力。穿孔的危险因素包括高龄、女性、体重指数 <20 kg/m<sup>2</sup>、左束支传导阻滞、高左心室射血分数、心衰、激素应用、抗血小板/抗凝药物、临时起搏、细除颤导线、主动导线、非单腔器械、起搏侧壁的心房导线、右心室心尖部起搏和透视时间长等。

2. 心律失常:很常见。除了患者本身存在的心律失常,导线送入过程中,还可出现因机械刺激导致心律失常。常见的类型:①导线刺激心室出现室早、非持续性室速,这在导线跨瓣进入右心室时常出现,临床多以此作为导线进入心室的判断标准。此时,经回撤导线减轻对心肌的机械性刺激、调整导



线位置即可自行恢复,无需特殊处理。但若出现少见的持续性室速甚或室颤,前者一旦合并血流动力学异常,则需及时的超速起搏或电复律,出现室颤应紧急电复律。②术中一过性损伤传导束(右束支),多在传导束起搏时发生,在合并左束支传导阻滞患者可导致三度房室传导阻滞和心脏停搏。传导系统损伤通常数分钟后自行恢复,但有些可持续数小时。③导线植入中也可能刺激心房出现房早、房扑或房颤。

植入操作中要求术者轻柔操作的同时密切关注心电信号,可打开心电监测的声音以便更及时发现心率/心律异常。另外,可预先连接好测试线以备必要时可行紧急起搏。对于基线存在左束支传导阻滞的患者,在行传导系统起搏时,通常可将拟植入心房的导线先植入心室备用起搏,如若植入单腔 PM 则建议植入临时起搏导线进行保驾。建议术前贴好除颤电极贴片以备除颤之需,尤其是心衰及既往发生过快速持续室性心律失常的患者。

3. 导线脱位:导线脱位的发生率为 1.2%~33.0%,难以完全避免,多发生在出院前。总体来说,心房导线的脱位率高于心室导线,被动导线脱位率高于主动导线。一旦起搏心电图发生改变或者起搏参数异常,需要进行 PM 程控和 X 线检查,明确是否发生脱位或微脱位。

导线脱位时通常需要调整或重置导线。完全脱位者应尽早行导线调整或重置术,避免纤维化包裹导致导线分离困难等情况。微脱位时多表现为起搏参数异常,如起搏阈值增高或感知偏低。可视起搏参数异常程度、起搏适应证、预计起搏比例、合并症等因素综合考虑。如通过程控调整参数能基本满足当下临床需要(多考虑局部水肿导致电极与心内膜接触不十分紧密),可继续观察而不必急于再次手术,不少患者参数可逐渐恢复正常。否则,需重置电极导线。

旋转综合征与棘轮综合征,均为导线脱位的原因之一。所谓旋转综合征,指脉冲发生器沿自身横断面旋转时,导线亦绕着脉冲发生器呈卷轴样盘旋,引起脱位;而棘轮综合征是指随着植入侧上肢的活动,导线经由松弛的缝合套逐渐向外侧滑动(如同在棘齿上牵拉活动),电极脱离心内膜直至囊袋附近<sup>[61-63]</sup>。与旋转综合征不同的是,导线虽被牵拉但不会绕脉冲发生器盘旋(图 36)。两者均与缝扎固定导线不牢靠有关。

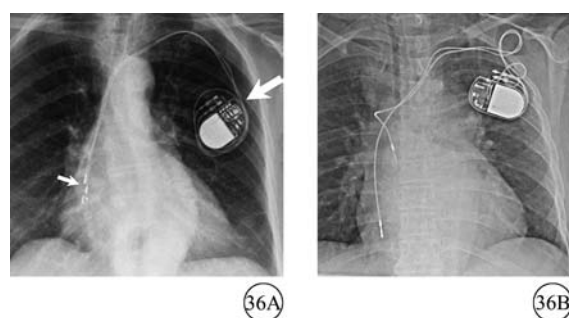


图 36 旋转综合征和棘轮综合征(36A 和 36B 分别为旋转综合征和棘轮综合征的病例。两者心房、心室导线均移位,前者脉冲发生器沿自身横断面旋转且伴导线缠绕,后者导线类似于齿轮样滑动,但未盘绕脉冲发生器。此 2 种情况均由于导线固定不牢固所致)

随着起搏工程技术的不断进展,导线的结构和功能不断改进,导线脱位率明显下降。然而,导线张力预留不当、术者经验不足、导线植入位置不当,固定不牢、肌小梁平滑、手术后植入侧上肢过早大幅度运动、导线柔韧性差、心脏收缩对导线的切应力等因素都可导致导线脱位。

4. 其他:如导线经未闭的房间隔或室间隔进入左心室(图 37)、导线进入冠状静脉分支(多见于误入心中静脉)、导线误损伤(术中操作不慎)、膈神经刺激(电极靠近心外膜)和三尖瓣腱索损伤或断裂(术中操作粗暴)等。相对少见,应根据具体情况进行处理,包括重置、更换新的起搏导线等。

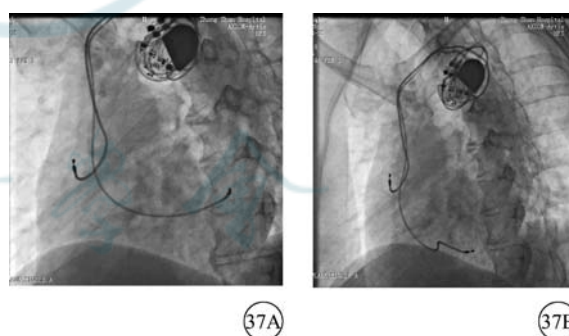


图 37 经未闭房间隔起搏左心室的左前斜位影像(37A:心室导线均似乎在右心室间隔部,但导线明显偏后,已到脊柱中间,提示导线已进入左心室;37B:重置导线位置,导线在心尖部,未达脊柱)

### (三) 脉冲发生器相关并发症

1. 囊袋血肿(图 38):囊袋血肿的发生率为 0.2%~16.0%,较常见。根据血肿的定义以及合并用药尤其抗栓治疗的不同发生率差别较大。鉴于血肿可使囊袋感染风险增加 9 倍,切开引流将使感染风险增加 15 倍<sup>[64]</sup>,故出现囊袋血肿时推荐加压包扎



治疗,不推荐穿刺引流。但如果出现伤口裂开、囊袋明显肿胀、剧烈疼痛等表现,则需要及早手术干预,打开切口,清除血肿;寻找出血点,并彻底止血。

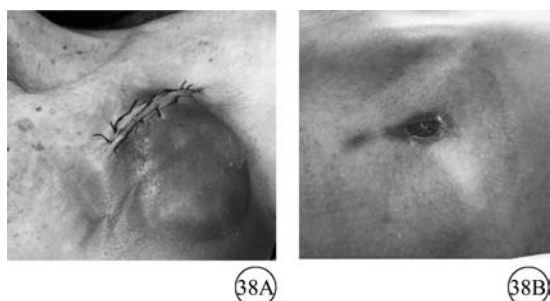


图 38 起搏器植入术后囊袋血肿(38A)及囊袋浅表皮感染(38B)的外观图

预防囊袋血肿的措施包括①术前:充分评估抗栓药物应用的必要性,并酌情停用。②术中:了解解剖层次,尽量钝性分离组织并减少损伤;细心止血,条件允许时术中应用电刀充分止血;固定导线时尽可能靠近穿刺点结扎等。③术后:囊袋上方持续加压包扎,术后密切观察切口及囊袋出血情况。对于术中稍有渗血的患者,术后即刻在囊袋上方用手掌局部加压 10 min,囊袋内的微小静脉渗血多能被此压迫方法得到止血。鉴于引流会增加感染的发生率,不推荐引流管负压吸引。

2. 起搏装置的感染:不常见,尤其是围术期。感染是 PM 植入术后的严重并发症之一。70%~90% 的致病微生物是革兰氏阳性菌,尤其是凝固酶阴性葡萄球菌和金黄色葡萄球菌。起搏装置的感染可以分早期感染和晚期感染,本共识主要关注围术期的感染。临床表现可分为 4 类:①浅表的切口感染(图 38B)。②孤立性囊袋感染、血培养阴性。③系统性感染,但无导线/瓣膜赘生物。④系统性感染且导线/瓣膜赘生物形成、感染性心内膜炎。在围术期发生的感染以①和②相对常见。

治疗措施主要包括抗生素治疗、装置拔除以及拔除术后适时再次植入,具体可参照相关专家共识<sup>[65-66]</sup>。鉴于常见的致病菌为金黄色葡萄球菌,故可经验性静脉应用抗生素,并尽快完善细菌学检查及药敏,调整抗生素应用。就疗程而言,浅表切口感染可应用 7~10 d 的抗生素;孤立性囊袋感染建议拔除器械并应用 10~14 d 抗生素;系统性感染拔除器械并应用抗生素至少 4 周。此外,虽然临床实践中针对早期出现的浅表感染可尝试清创术,但成功率低,近年来的专家共识已不再推荐。积极的处理方

式是拔除整套起搏装置,清创并弃用原囊袋,适时在对侧植入新的装置。

感染的高危因素包括①患者因素:合并终末期肾病、既往装置感染史、植入前发热史、糖皮质激素应用、慢性阻塞性肺疾病、心衰、糖尿病、口服抗凝药物等。②操作相关因素:操作时间长、止血不充分、导线重置、PM 更换/升级。③装置相关因素:心外膜导线、腹部囊袋、多根导线等。预防措施包括且不限于:术前充分评估抗栓药物应用必要性并尽可能停用,避免使用肝素桥接,以防血肿;切皮前预防性应用抗生素;术中严格无菌操作和无菌环境,高危患者可应用可吸收抗菌封套;不宜在囊袋内应用消毒剂和抗生素等<sup>[67]</sup>。

3. 其他:如导线与脉冲发生器未连紧(导线尾端连接杆没有插到底或螺丝未旋紧)或连接错误(房室导线反接)等,偶能遇到,是术者的术中疏忽所致,应杜绝。证实后需要再次手术。

#### (四) ICD 相关的并发症

因患者基础情况不同,ICD 系统也不同于普通起搏,在上述并发症基础上,ICD 的相关并发症更有其特点。如 ICD 的患者基础状态差、病情重,部分患者需进行 DFT 测试,因此可能会出现麻醉相关并发症、急性心衰、恶性室性心律失常和电风暴等。导线较粗且硬、接口复杂,容易出现导线穿孔、导线与脉冲发生器连接错误或连接不紧。脉冲发生器体积大、囊袋大,容易出现囊袋血肿等囊袋相关并发症。此外,围术期可因疼痛、心衰等诱发快速室性及房性心律失常而发生电击、不适当识别和误治疗等,具体防治措施可参见相关专家共识<sup>[68]</sup>。

#### 六、植入型心律转复除颤器的植入特殊要点

ICD 的植入过程与 PM 类似,但仍有一些细节问题值得注意。

##### (一) 脉冲发生器植入部位及囊袋制作

由于右侧植入 ICD 存在除颤阈值增高和死亡率增加的风险<sup>[69-70]</sup>,目前仍首选左侧植入;对于一些特殊患者,如血液透析或恶性肿瘤,右侧植入也是可选的,但术中通常建议做 DFT。永存左上腔患者可选择右侧植入,若静脉造影明确不存在右侧上腔静脉,则需要经左上腔植入,但进入心室存在一定难度。近年来已广泛应用的全皮下 ICD 和尚在临床试验阶段的血管外 ICD 无需经静脉路径植入。

由于 ICD 的脉冲发生器较大,为避免因 ICD 容积大导致皮下张力过高致皮肤磨损破溃,制作肌肉下囊

袋的机会高于普通 PM, 尤其针对消瘦患者及对局部美观有需求者。两切口的全皮下 ICD 前胸部无瘢痕。

## (二) 除颤导线植入部位

有 3 项研究共入组 146 例患者, 将右心室除颤导线的植入随机分配至右心室流出道组和右心室心尖部组, 结果发现 2 组的除颤阈值测试和起搏阈值均差异无统计学意义<sup>[71-73]</sup>。还有两项较大样本的研究 (SPICE 研究 299 例, SEPTAL 研究 215 例) 将除颤导线随机植入到右心室间隔部和右心室心尖部, 结果发现 2 组的结局差异无统计学意义。SPICE 研究中右心室间隔组除颤阈值测试 >25 J 的比例和除颤导线重置的比例分别为 5.0% 和 6.9%, 比右心室心尖部的 2.1% 和 3.2% 稍高<sup>[74]</sup>; SEPTAL 研究中右心室间隔组和心尖部的总死亡率分别为 7.9% 和 2.9%, 但差异均无统计学意义<sup>[75]</sup>。这些研究的主要问题在于间隔部的导线定位仅仅依赖于左前斜位的影像, 而这些患者的导线往往植入右心室前游离壁, 并非真正的中位间隔部。

因此, 本共识推荐右心室心尖部为除颤导线的首选植入部位。若导线参数不佳或对于易发生穿孔的人群, 可选择其他替代植入部位或非经静脉 ICD。

## (三) 确保导线感知参数良好

心房和心室的感知对于心律失常的鉴别诊断 (房室同步或房颤的鉴别诊断以及快速性室性心律失常的正确诊断) 尤为重要。室上性心动过速发作时, 如果心房感知过低, ICD 会误以为心室波多于心房波, 进而误诊断为室速; 而心室感知过低会导致室性心律失常不能识别或者增加 T 波过感知的风险。此外, 由于不同厂家滤波设置的差异和局部心肌损伤的因素 (尤其主动固定除颤导线), 术中起搏分析仪检测的感知参数可能与术后脉冲发生器测得的不同。因此, 在关闭囊袋前, 建议用程控仪通过脉冲发生器再次检测心房和心室的感知参数。

心室集成双极导线的除颤线圈 (coil) 是心室感知环路的一部分, 若除颤线圈位于三尖瓣环附近 (约 11%), 则能感知到心房波, 从而增加双重计数和不恰当电击的风险。因此, 植入心室集成双极导线时需避免线圈感知到心房波。对于存在废弃导线的患者, 植入集成双极导线时需注意与废弃导线是否存在干扰, 因为干扰可能导致心律失常的误诊断或起搏功能的抑制。目前市场上提供的心室导线多为真双极导线, 它不是以除颤线圈作为阳极, 而是使用环导线作为阳极, 因此 P 波或 T 波过感知的现象明显减少。考虑到

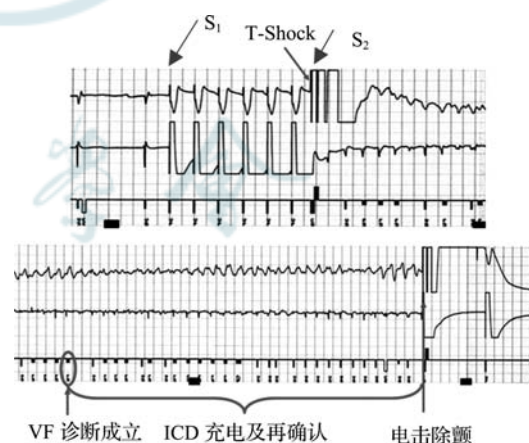
兼容性问题, 导线和脉冲发生器尽可能为同一厂家。

## (四) DFT 测试

关于 ICD 用于心脏性猝死的一级和二级预防患者的 DFT 测试的做法: 基于 SIMPLE 研究结果<sup>[76]</sup>, 不论一级还是二级预防患者, 术中进行 DFT 测试并不改善 ICD 除颤有效性和降低心律失常死亡率, 所以 ICD 植入术中可以不常规进行 DFT 测试。但对于右侧经静脉植入 ICD 者, 仍建议术中行 DFT 测试。对于非经静脉 ICD 包括 S-ICD 和 EV-ICD 患者, 术中需常规行 DFT 测试。

不建议行 DFT 测试的患者包括心脏血栓、未充分抗凝的房扑或房颤、严重主动脉瓣狭窄、不稳定的冠心病、近期发生脑卒中或短暂性脑缺血发作、血流动力学不稳定或存在其他导致预后不良的合并症。

术中行 DFT 测试时, 常采用 T-Shock 的方法行诱颤 (图 39)。在连续的脉冲  $S_1$  起搏心室 (通常为 8 个,  $S_1S_1$  通常设定为 400 ms) 后, 在心室易损期释放 0.6~2.0 J 的电击  $S_2$  诱发室颤。心室易损期位于 T 波峰顶之前 20~30 ms, 一般默认  $S_1S_2$  设定为 310 ms。如果诱发不成功, 可以将  $S_1S_2$  缩短 10~20 ms 再次诱发。如果 T-Shock 不能诱发室颤, 可以采用 50 Hz 交流电刺激诱发室颤。经静脉植入 ICD 的 DFT 安全范围至少 10 J; S-ICD 的最大除颤能量是 80 J, DFT 安全范围要求 15 J; EV-ICD 最大除颤能量是 40 J, DFT 安全范围要求 10 J。



注: VF 为心室颤动, ICD 为植入型心律转复除颤器

图 39 T-Shock 方法进行除颤阈值测试

## (五) 单 / 双线圈

由于双线圈除颤导线容易在上腔静脉处发生粘连, 进而导致拔除困难, 因此, 目前双线圈除颤导线在临床上已经逐渐少用。荟萃分析提示双线圈导线的除颤阈值测试更低 (较单线圈平均下降 0.81 J),



但并无实际临床意义(目前首次除颤能量都建议设置为最大输出能量),且首次除颤成功率无明显差异。但是 SIMPLE 研究提示双线圈除颤导线具有更高的房性心律失常的转复成功率(44.0%对28.8%, $P=0.070$ ),而且能够为心律失常鉴别诊断和电击治疗提供更多的向量选择。此外,右侧植入 ICD 者倾向于选择双线圈导线。

#### (六) DF4 和 DF1 的选用

DF4 接口的脉冲发生器与导线在术中的连接更为方便,易化了手术操作,同时避免了连接错误的可能,近年来受到推崇。但与 DF1 相比,DF4 失去了今后临床或器械一旦出现问题时更多的处理方法选择。例如,CRT 除颤器超反应患者需要降级至 CRT 起搏器时,DF1 仅需要包埋除颤线圈接口,将起搏感知尾端连接器连接新的 CRT 起搏器脉冲发生器即可,而 DF4 仍需要重新植入 1 根右心室起搏导线;若除颤阈值增高时,如 DF1 则仅需要植入新的除颤导线(至奇静脉或冠状静脉)并连接到原脉冲发生器的上腔静脉线圈孔即可,而 DF4 则必须更换新的脉冲发生器或整个除颤系统;此外,当 ICD 导线出现感知问题时,DF1 只需重新植入 1 根新的普通起搏感知导线,而 DF4 则需要重新植入新的 DF4 除颤导线。另外,包括 ICD 术后心衰升级希浦系统起搏或 CRT 植入失败后改为希浦系统起搏时也存在类似问题。

#### 七、更换脉冲发生器的注意事项

由于电池耗竭或 PM 升级等施行的脉冲发生器更换通常占各中心总 CIED 植入量的 1/5 左右。虽然单纯更换脉冲发生器的手术相对简单,但相关并发症并不低。REPLACE 注册研究中有 1 750 例患者择期接受脉冲发生器更换,在 6 个月的随访中仅更换脉冲发生器的主要不良事件发生率为 4.0%,而在接受新起搏导线植入的患者中主要不良事件发生率高达 15.3%<sup>[77]</sup>。并发症主要是导线移位或导线故障、囊袋血肿和感染。

##### (一) 术前需评估的事项

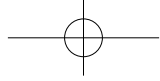
1. 选择合适的脉冲发生器:多数需要 PM 更换的患者能适应原来的起搏方式。因此,通常更换为上次植入的起搏模式,如 DDD(R) 更换为 DDD(R),VVI(R) 更换为 VVI(R)。由于绝大多数均为标准的 IS-1 接口,因此,普通 PM 的更换品牌并非一定需要同既往脉冲发生器一致。

2. 脉冲发生器升级或降级问题:更换脉冲发生

器时是升级起搏系统很好的时机。某些患者在多年前由于经济或手术技术本身原因植入 VVI PM,目前仍为窦性心律,可考虑升级为 DDD 起搏,尤其针对心室起搏比例较高的房室传导阻滞患者。另外,如果首次是因病窦植入 DDD 起搏,多年后在更换时已发展成永久性房颤(临床并不少见),此时窦房结功能已不重要,只要房室及室内传导正常,实际上患者已不再需要心脏起搏,是降级为 VVI 起搏还是决定不再继续更换脉冲发生器是需要考虑的问题。另外,应该仔细评估患者的心功能,尤其是左心室功能。通过超声心动图检查了解患者的左心室舒张末期容积(容积)以及左心室射血分数,评估是否应该进行起搏系统的升级(升级为 ICD 或 CRT 或更改为传导束起搏等)。针对部分猝死一级预防接受 CRT 除颤器的患者,也需要依据患者 CRT 后的临床反应及植入期间是否发生 ICD 电击治疗事件等综合评估是否需要降级到 CRT 起搏器。无论升级、降级还是不更换,都需要与患者及家属一起沟通、讨论后做出决定。

3. 评估是否需要更换为 MRI 兼容的脉冲发生器:虽然各个 PM 品牌均已推出 MRI 兼容的脉冲发生器,但需要体内导线也能兼容 MRI 检查才能组成完整的 MRI 兼容起搏系统,单纯更换 MRI 兼容的脉冲发生器,术后不一定能接受 MRI 检查。可以通过术前与脉冲发生器的生产商沟通进一步确认。另外,导线及脉冲发生器应考虑同一厂家,否则存在适应证外(off label)使用的问题,虽然应该并不真正影响 MRI 的检查。如果体内有废弃导线,无论是否植入了 MRI 兼容起搏系统,理论上都不能接受 MRI 检查。对于既往植入双腔 PM 现在已发展为持续性或永久性房颤患者,更换脉冲发生器时可考虑降为 VVI 单腔起搏系统,但如果既往植入的是 MRI 兼容的起搏导线,患者又需要进行 MRI 检查,也可选择再次植入 DDD PM,否则废弃的原心房导线会影响后续 MRI 检查的安全性。

4. 原导线完整性及参数的判断:这决定了更换时对旧导线的处理方式。术前应了解随访期间的基本参数,包括导线的感知、阻抗和阈值的趋势图,便于术前决定是否更换起搏导线及术式。术中需再次测试起搏导线参数。如导线完整性存在问题,或患者导线已使用时间太长,尤其是起搏依赖者可考虑更换起搏导线,避免更换术后短期内因旧导线功能障碍需要再次行新导线植入术的尴尬。



5. 了解已植入导线的接口及起搏导线的类型(双极导线或单极导线):目前主流的起搏导线接口标准是 IS-1。术前需要确保体内的起搏导线能与新的脉冲发生器连接后正常工作。如果患者体内是单极导线,应提前将脉冲发生器程控为单极工作方式。

#### (二) 进入手术室及术中的注意事项

1. 评估更换脉冲发生器前是否需要植入临时起搏导线进行临时起搏保驾。术前可以通过程控调整原脉冲发生器的起搏模式(设置为 VVI 模式)、降低低限频率(如调至 40 次/min)、静脉缓慢滴注异丙肾上腺素提高自身心率等方法尽量减少临时起搏的需求。调整后仍为心室起搏依赖的患者,需要在术前植入临时 PM 备用。ICD 更换时,应术前程控关闭除颤功能,避免术中误放电。

2. 建议在切开皮肤前进行透视评估是否存在导线物理损伤。特别注意囊袋区域、导线固定套管部位、锁骨下区域和导线沿线,仔细观察有无导线绝缘层破损、导线断裂等物理损伤情况。这是除程控遥测起搏导线参数外同样重要的方法。如果需要更换或新植入起搏导线,可考虑手术前经同侧肘部静脉完成腋静脉造影,评估新植入导线的血管通路是否存在狭窄、闭塞等。

3. 严格做好手术过程的无菌管理,包括预防性使用抗生素,降低脉冲发生器更换手术的感染风险。多个研究证实,相比新植入 PM,更换脉冲发生器后发生感染的机会明显增加。

4. 取出脉冲发生器的注意事项:参照新植入脉冲发生器的大小,通常在原切口下方 1 cm 左右、原脉冲发生器表面处切开皮肤,分离皮下组织至脉冲发生器表面。切开皮肤前还应仔细检查起搏导线是否在脉冲发生器表面。分离皮下组织的过程中应在小心探查下操作剪刀或刀片等利器,避免损伤原导线。如果脉冲发生器与起搏导线头端被纤维组织包裹,影响原导线与新脉冲发生器的正常连接时需要纤维组织进行分离。分离导线周围纤维化组织时应该选择钝性分离为主。有电刀使用经验的医生也可以在与导线走向平行的方向,选用低能量设置的电刀切割模式分离导线周围的纤维组织,但不能在导线的某个固定位置长时间使用电刀切割或电凝。电刀使用不当会对绝缘层造成热损坏。术中使用电刀时应格外小心,并注意保持电刀不与脉冲发生器的金属外壳接触。当发现或怀疑囊袋内导线绝缘层有破损时,应避免使用电刀。

5. 处理原囊袋:检查囊袋的深度是否合适,充分止血,预防囊袋血肿。①如果原囊袋深度合适,充分局部麻醉后以中弯钳钝性分离囊袋底部的纤维组织,打开原囊袋内的密闭结构,钝性剥开一部分,可以减少囊袋感染的发生<sup>[78]</sup>。参照新的脉冲发生器大小适当扩大囊袋,便于植入新的脉冲发生器。②如果原囊袋过浅或游离在脂肪层中,建议充分分离导线后重新制作新囊袋。如果患者体型瘦弱,可考虑制作肌间囊袋。分离出新的囊袋后,应在原囊袋的底部钝性分离开几个小孔,避免原囊袋成为死腔。

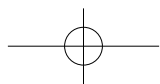
6. 如果需要更换或植入新导线,应按常规手术步骤植入新导线。多建议在原囊袋同侧植入新导线,但时常会遇到静脉狭窄或闭塞的问题,具体处理参见本共识“三、详细的手术步骤”中的相关具体内容。如囊袋同侧静脉入路不成功,可选择对侧静脉入路植入新导线后将其通过长的皮下隧道拉入到原囊袋内,也可根据具体原导线的使用情况,在新植入导线的同侧制作新的囊袋。

原囊袋往往多下垂,因此,在原囊袋内穿刺静脉比较困难。通常建议先在囊袋上方常规静脉穿刺部位做一小切口穿刺静脉,送入导线并到位后再切开原囊袋皮肤,通过皮下隧道拉入原囊袋中。这样做的好处是可减少原囊袋切开后暴露的时间,有助于减少感染可能。

如果准备将 CRT 除颤器脉冲发生器降级为 CRT 起搏器,术前需要特别注意左、右心室导线与 CRT 起搏器接口的匹配问题。术中还需要对弃用的右心室高压除颤导线接口做好绝缘包埋。对原来的无功能导线或废用导线应该采用绝缘胶套绝缘、固定处理并压在脉冲发生器之下。避免随意剪断导线,应为将来移除或再次启用方案留有余地。

#### 八、结语

本共识由 CSPE 和 CSA 两个学会召集国内大型 CIED 植入中心的相关专家,结合相关文献、各中心手术经验并进行了广泛深入的共同讨论,就植入 PM 和 ICD 的基本要求、手术本身的详细步骤、PM 植入术后管理、围术期并发症处理、ICD 植入技术的特殊要点和脉冲发生器更换的注意事项等方面都进行了全面详尽地阐述,尤其是针对手术本身的步骤,通过文字和动画图像的形式对涉及手术的每个细节都进行了深入地解析。当然,本共识所涉及的手术细节并非唯一的金标准,也不可能完全覆盖所有手术细节,所述的技术要点也非唯一正确的操作规定,但本



共识集国内相关多位专家的丰富实战经验,尤其说明了手术操作技术的理由和利弊,应该是更合理和权威的标准。相信本专家共识的出台会对国内不同医疗机构的植入医生正确、熟练的掌握 PM 和 ICD 的植入,改变既往不正确、不规范的手术方法,尤其是对初学者规范化的掌握植入手术技术,减少围术期相关并发症会带来裨益,同时也会对国内起搏行业的发展产生积极的推动作用。

**执笔人**(按姓氏汉语拼音排序)

陈柯萍(中国医学科学院阜外医院心律失常中心),陈林(福建省立医院心内科),陈样新(中山大学孙逸仙纪念医院心内科),戴研(中国医学科学院阜外医院心律失常中心),黄伟剑(温州医科大学附属第一医院心内科),李若谷(上海交通大学附属胸科医院心内科),李耀东(新疆医科大学第一附属医院心内科),牛红霞(中国医学科学院阜外医院心律失常中心),潘文麒(上海交通大学医学院附属瑞金医院心内科),汪菁峰(复旦大学附属中山医院心内科),宿燕岗(复旦大学附属中山医院心内科),徐伟(南京大学医学院附属鼓楼医院心脏科),徐原宁(四川大学华西医院心内科),许静(天津市胸科医院心内科),邹建刚(南京医科大学第一附属医院心内科)

**工作委员会**(按姓氏汉语拼音排序)

常栋(厦门大学附属心血管病医院心内科),陈样新(中山大学孙逸仙纪念医院心内科),董颖雪(大连医科大学附属第一医院心内科),高连君(大连医科大学附属第一医院心内科),顾翔(苏北人民医院心内科),蓝荣芳(南京大学医学院附属鼓楼医院心脏科),李若谷(上海交通大学附属胸科医院心内科),李耀东(新疆医科大学第一附属医院心内科),林文华(泰达国际心血管病医院心内科),牛红霞(中国医学科学院阜外医院心律失常中心),潘文麒(上海交通大学医学院附属瑞金医院心内科),盛夏(浙江大学医学院附属邵逸夫医院),苏蓝(温州医科大学附属第一医院心内科),汪菁峰(复旦大学附属中山医院心内科),徐原宁(四川大学华西医院心内科),许轶洲(杭州市第一人民医院心血管内科),俞杉(贵州省人民医院心内科)

**专家委员会**(按姓氏汉语拼音排序)

蔡琳(成都市第三人民医院心内科),曹克将(南京医科大学第一附属医院心内科),陈柯萍(中国医学科学院阜外医院心律失常中心),陈林(福建省立医院心内科),范洁(云南省第一人民医院心内科),华伟(中国医学科学院阜外医院心律失常中心),黄从新(武汉大学人民医院心内科),黄德嘉(四川大学华西医院心脏内科),黄伟剑(温州医科大学附属第一医院心内科),刘兵(空军军医大学西京医院心血管内科),刘兴斌(四川大学华西医院心内科),沈法荣(浙江求是心血管病医院心脏中心),苏晞(武汉亚洲心血管病医院

心内科),汤宝鹏(新疆医科大学第一附属医院心脏中心),王景峰(中山大学孙逸仙纪念医院心内科),吴立群(上海交通大学医学院附属瑞金医院心内科),宿燕岗(复旦大学附属中山医院心内科),徐伟(南京大学医学院附属鼓楼医院心脏科),许静(天津市胸科医院心内科),薛小临(西安交通大学第一附属医院心血管内科),严激(中国科学技术大学附属第一医院心内科),于波(中国医科大学附属第一医院心血管内科),张澍(中国医学科学院阜外医院心律失常中心),郑良荣(浙江大学医学院附属第一医院心血管内科),邹建刚(南京医科大学第一附属医院心内科)

**专家委员会秘书**

汪菁峰(复旦大学附属中山医院心内科)

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] Blomström-Lundqvist C, Traykov V, Erba PA, et al. European Heart Rhythm Association (EHRA) international consensus document on how to prevent, diagnose, and treat cardiac implantable electronic device infections-endorsed by the Heart Rhythm Society (HRS), the Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), the Latin American Heart Rhythm Society (LAHRS), International Society for Cardiovascular Infectious Diseases (ISCVID) and the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ESCMID) in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) [J]. *Europace*, 2020, 22(4): 515-549. DOI: 10.1093/europace/euz246.
- [2] Essebag V, Verma A, Healey JS, et al. Clinically significant pocket hematoma increases long-term risk of device infection: BRUISE CONTROL INFECTION Study [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 67(11): 1300-1308. DOI: 10.1016/j.jacc.2016.01.009.
- [3] Sticherling C, Marin F, Birmie D, et al. Antithrombotic management in patients undergoing electrophysiological procedures: a European Heart Rhythm Association (EHRA) position document endorsed by the ESC Working Group Thrombosis, Heart Rhythm Society (HRS), and Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS) [J]. *Europace*, 2015, 17(8): 1197-1214. DOI: 10.1093/europace/euv190.
- [4] Birmie DH, Healey JS, Wells GA, et al. Continued vs. interrupted direct oral anticoagulants at the time of device surgery, in patients with moderate to high risk of arterial thrombo-embolic events (BRUISE CONTROL-2) [J]. *Eur Heart J*, 2018, 39(44): 3973-3979. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy413.
- [5] Valgimigli M, Bueno H, Byrne RA, et al. 2017 ESC focused update on dual antiplatelet therapy in coronary artery disease developed in collaboration with EACTS: The Task Force for dual antiplatelet therapy in coronary artery disease of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) [J]. *Eur Heart J*, 2018, 39(3): 213-260. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx419.
- [6] Sandoe JA, Barlow G, Chambers JB, et al. Guidelines for the



- diagnosis, prevention and management of implantable cardiac electronic device infection. Report of a joint Working Party project on behalf of the British Society for Antimicrobial Chemotherapy (BSAC, host organization), British Heart Rhythm Society (BHRS), British Cardiovascular Society (BCS), British Heart Valve Society (BHVS) and British Society for Echocardiography (BSE) [J]. *J Antimicrob Chemother*, 2015, 70(2): 325-359. DOI: 10.1093/jac/dku383.
- [7] Bischoff P, Kubilay NZ, Allegranzi B, et al. Effect of laminar airflow ventilation on surgical site infections: a systematic review and meta-analysis [J]. *Lancet Infect Dis*, 2017, 17(5): 553-561. DOI: 10.1016/S1473-3099(17)30059-2.
- [8] de Oliveira JC, Martinelli M, Nishioka SA, et al. Efficacy of antibiotic prophylaxis before the implantation of pacemakers and cardioverter-defibrillators: results of a large, prospective, randomized, double-blinded, placebo-controlled trial [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2009, 2(1): 29-34. DOI: 10.1161/CIRCEP.108.795906.
- [9] 医务人员手卫生规范 WS/T313—2019 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2020, 30(5): 796-800. DOI: 10.11816/cn.ni.2020-193258.
- [10] 余松峰, 刘争. 铺单(铺巾) [M] // 姜保国, 陈红. 中国医学生临床技能操作指南. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 2020: 99.
- [11] Tanawuttiwat T, Thisayakorn P, Viles-Gonzalez JF. LAST (local anesthetic systemic toxicity) but not least: systemic lidocaine toxicity during cardiac intervention [J]. *J Invasive Cardiol*, 2014, 26(1): E13-15.
- [12] Burri H, Starck C, Auricchio A, et al. EHRA expert consensus statement and practical guide on optimal implantation technique for conventional pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators: endorsed by the Heart Rhythm Society (HRS), the Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), and the Latin-American Heart Rhythm Society (LAHRS) [J]. *Europace*, 2021, 23(7): 983-1008. DOI: 10.1093/europace/euaa367.
- [13] Rajappan K. Permanent pacemaker implantation technique: part I: arrhythmias [J]. *Heart*, 2009, 95(3): 259-264. DOI: 10.1136/hrt.2007.132753.
- [14] Oh JH, Kim CM, Song SY, et al. Transaxillary subpectoral placement of cardiac implantable electronic devices in young female patients [J]. *Arch Plast Surg*, 2017, 44(1): 34-41. DOI: 10.5999/aps.2017.44.1.34.
- [15] Al-Bataineh M, Sajadi S, Fontaine JM, et al. Axillary subpectoral approach for pacemaker or defibrillator implantation in patients with ipsilateral prepectoral infection and limited venous access [J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2010, 27(2): 137-142. DOI: 10.1007/s10840-009-9444-1.
- [16] Obeyesekere MN, Kamberi S, Youngs N, et al. Long-term performance of submammary defibrillator system [J]. *Europace*, 2010, 12(9): 1239-1244. DOI: 10.1093/europace/euq152.
- [17] Roelke M, O'Nunain SS, Osswald S, et al. Subclavian crush syndrome complicating transvenous cardioverter defibrillator systems [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 1995, 18(5 Pt 1): 973-979. DOI: 10.1111/j.1540-8159.1995.tb04737.x.
- [18] 王龙. 腋静脉穿刺技术 [J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2006, 20(3): 271-273. DOI: 10.3969/j.issn.1007-2659.2006.03.024.
- [19] 张俊蒙, 王泽峰, 李海宴, 等. 新的“盲法”腋静脉穿刺术在 PM 植入术中的有效性和安全性 [J]. *中华心血管病杂志*, 2019, 47(9): 737-741. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2019.09.016.
- [20] Magney JE, Staplin DH, Flynn DM, et al. A new approach to percutaneous subclavian venipuncture to avoid lead fracture or central venous catheter occlusion [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 1993, 16(11): 2133-2142. DOI: 10.1111/j.1540-8159.1993.tb01018.x.
- [21] Belott P. How to access the axillary vein [J]. *Heart Rhythm*, 2006, 3(3): 366-369. DOI: 10.1016/j.hrthm.2005.10.031.
- [22] 王龙, 郭继鸿. 一种腋静脉穿刺体表定位及其临床应用 [J]. *中华心律失常学杂志*, 2006, 10(4): 266. DOI: 10.3760/ema.j.issn.1007-6638.2006.04.015.
- [23] Hsu JC, Friday J, Lee BK, et al. Predictors of axillary vein location for vascular access during pacemaker and defibrillator lead implantation [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2011, 34(12): 1585-1592. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2011.03191.x.
- [24] Tagliari AP, Kochi AN, Mastella B, et al. Ultrasound-guided axillary vein puncture in cardiac lead implantation: time to move to a new standard access? [J]. *Arrhythm Electrophysiol Rev*, 2020, 9(2): 78-82. DOI: 10.15420/aer.2020.17.
- [25] Mathur G, Stables RH, Heaven D, et al. Permanent pacemaker implantation via the femoral vein: an alternative in cases with contraindications to the pectoral approach [J]. *Europace*, 2001, 3(1): 56-59. DOI: 10.1053/eupc.2000.0135.
- [26] Neshet N, Ganiel A, Paz Y, et al. Thoracoscopic epicardial lead implantation as an alternative to failed endovascular insertion for cardiac pacing and resynchronization therapy [J]. *Innovations (Phila)*, 2014, 9(6): 427-431. DOI: 10.1177/155698451400900606.
- [27] 胡椒兰, 柏瑾, 王蔚, 等. 国人右心房、右心室导线实际使用长度的单中心统计分析 [J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2016, 30(4): 340-343. DOI: 10.1333/j.cnki.cjepe.2016.04.006.
- [28] Hussain MA, Furuya-Kanamori L, Kaye G, et al. The effect of right ventricular apical and nonapical pacing on the short- and long-term changes in left ventricular ejection fraction: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2015, 38(9): 1121-1136. DOI: 10.1111/pace.12681.
- [29] Shimony A, Eisenberg MJ, Filion KB, et al. Beneficial effects of right ventricular non-apical vs. apical pacing: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials [J]. *Europace*, 2012, 14(1): 81-91. DOI: 10.1093/europace/eur240.
- [30] Saito M, Iannaccone A, Kaye G, et al. Effect of right ventricular pacing on right ventricular mechanics and tricuspid regurgitation in patients with High-Grade Atrioventricular Block and Sinus Rhythm (from the Protection of Left Ventricular Function During



- Right Ventricular Pacing Study) [J]. *Am J Cardiol*, 2015, 116 (12): 1875-1882. DOI: 10.1016/j.amjcard.2015.09.041.
- [31] Schleifer JW, Pislaru SV, Lin G, et al. Effect of ventricular pacing lead position on tricuspid regurgitation: a randomized prospective trial [J]. *Heart Rhythm*, 2018, 15 (7): 1009-1016. DOI: 10.1016/j.hrthm.2018.02.026.
- [32] Burri H, Sunthorn H, Dorsaz PA, et al. Thresholds and complications with right ventricular septal pacing compared to apical pacing [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2007, 30 Suppl 1: S75-78. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2007.00610.x.
- [33] Bongioni MG, Proclemer A, Dobreanu D, et al. Preferred tools and techniques for implantation of cardiac electronic devices in Europe: results of the European Heart Rhythm Association survey [J]. *Europace*, 2013, 15 (11): 1664-1668. DOI: 10.1093/europace/eut345.
- [34] Rajappan K. Permanent pacemaker implantation technique: part II [J]. *Heart*, 2009, 95 (4): 334-342. DOI: 10.1136/hrt.2008.156372.
- [35] Burri H, Domenichini G, Sunthorn H, et al. Comparison of tools and techniques for implanting pacemaker leads on the ventricular mid-septum [J]. *Europace*, 2012, 14 (6): 847-852. DOI: 10.1093/europace/eur404.
- [36] Squara F, Scarlatti D, Riccini P, et al. Individualized left anterior oblique projection: a highly reliable patient-tailored fluoroscopy criterion for right ventricular lead positioning [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2018, 11 (7): e006107. DOI: 10.1161/CIRCEP.117.006107.
- [37] Osmaic P, Stros P, Herman D, et al. The insufficiency of left anterior oblique and the usefulness of right anterior oblique projection for correct localization of a computed tomography-verified right ventricular lead into the midseptum [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2013, 6 (4): 719-725. DOI: 10.1161/CIRCEP.113.000232.
- [38] Pang BJ, Joshi SB, Lui EH, et al. Validation of conventional fluoroscopic and ECG criteria for right ventricular pacemaker lead position using cardiac computed tomography [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2014, 37 (4): 495-504. DOI: 10.1111/pace.12301.
- [39] Mărgulescu AD, Suran BM, Rimbaş RC, et al. Accuracy of fluoroscopic and electrocardiographic criteria for pacemaker lead implantation by comparison with three-dimensional echocardiography [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2012, 25 (7): 796-803. DOI: 10.1016/j.echo.2012.04.010.
- [40] Burri H, Park CI, Zimmermann M, et al. Utility of the surface electrocardiogram for confirming right ventricular septal pacing: validation using electroanatomical mapping [J]. *Europace*, 2011, 13 (1): 82-86. DOI: 10.1093/europace/euq332.
- [41] Schwaab B, Fröhlhig G, Alexander C, et al. Influence of right ventricular stimulation site on left ventricular function in atrial synchronous ventricular pacing [J]. *J Am Coll Cardiol*, 1999, 33 (2): 317-323. DOI: 10.1016/s0735-1097(98)00562-2.
- [42] 丁立刚, 华伟, 刘志敏, 等. 三维电解剖标测系统指导孕妇起搏器植入一例 [J]. *中国循环杂志*, 2015, (12): 1224-1224. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2015.12.025.
- [43] 汪菁峰, 陈海燕, 宿燕岗, 等. 重度三尖瓣反流患者右心室起搏部位的选择 [J]. *中华心律失常学杂志*, 2014, 18 (6): 444-447. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-6638.2014.06.008.
- [44] 中华医学会心电生理和起搏分会, 中国医师协会心律学专业委员会. 希氏-浦肯野系统起搏中国专家共识 [J]. *中华心律失常学杂志*, 2021, 25 (1): 10-36. DOI: 10.3760/cma.j.cn.113859-20201110-00290.
- [45] Fung JW, Sperzel J, Yu CM, et al. Multicenter clinical experience with an atrial lead designed to minimize far-field R-wave sensing [J]. *Europace*, 2009, 11 (5): 618-624. DOI: 10.1093/europace/eup078.
- [46] Witt CM, Lenz CJ, Shih HH, et al. Right atrial lead fixation type and lead position are associated with significant variation in complications [J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2016, 47 (3): 313-319. DOI: 10.1007/s10840-016-0181-y.
- [47] Zhang L, Jiang H, Wang W, et al. Interatrial septum versus right atrial appendage pacing for prevention of atrial fibrillation: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Herz*, 2018, 43 (5): 438-446. DOI: 10.1007/s00059-017-4589-7.
- [48] Bailin SJ. Atrial lead implantation in the Bachmann bundle. *Heart Rhythm* [J]. 2005, 2 (7): 784-786. DOI: 10.1016/j.hrthm.2005.03.006.
- [49] 宿燕岗, 王蔚, 柏瑾, 等. 低位房间隔起搏的临床应用 [J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2009, 23 (1): 19-22.
- [50] Marshall HJ, Griffith MJ, Gammage MD. Placement of atrial pacing leads during atrial fibrillation. Feasibility and subsequent lead performance [J]. *Europace*, 1999, 1 (2): 131-134. DOI: 10.1053/eupe.1998.0030.
- [51] Rezazadeh S, Wang S, Rizkallah J. Evaluation of common suturing techniques to secure implantable cardiac electronic device leads: which strategy best reduces the lead dislodgement risk? [J]. *Can J Surg*, 2019, 62 (1): E7-7. DOI: 10.1503/cjs.002418.
- [52] Darda S, Khouri Y, Gorges R, et al. Feasibility and safety of same-day discharge after implantable cardioverter defibrillator placement for primary prevention [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2013, 36 (7): 885-891. DOI: 10.1111/pace.12145.
- [53] Daniels JD, Sun S, Zafereo J, et al. Preventing shoulder pain after cardiac rhythm management device implantation: a randomized, controlled study [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2011, 34 (6): 672-678. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2010.03026.x.
- [54] 王辰, 申昆玲. 抗菌药物临床应用基本原则 [M]// 钟南山, 万希润, 马小军. 抗菌药物临床应用指导原则 (2015 年版). 北京: 人民卫生出版社, 2015: 5-9.
- [55] Deuling JH, Smit MD, Maass AH, et al. The value and limitations of a wound inspection clinic after cardiac device implantation [J]. *Eur J Cardiovasc Nurs*, 2009, 8 (4): 288-292. DOI: 10.1016/j.ejcnurse.2009.02.007.
- [56] Discalzi A, Maglia C, Ciferri F, et al. Percutaneous closure of



- accidentally subclavian artery catheterization: time to change first line approach? [J]. CVIR Endovasc, 2022, 5(1): 23. DOI: 10.1186/s42155-022-00300-7.
- [57] Meyhoefer J, Lehmann H, Minden HH, et al. Closure of the subclavian artery puncture site with a percutaneous suture device after removal of an arterial pacemaker lead [J]. Europace, 2006, 8(12): 1070-1072. DOI: 10.1093/europace/eul129.
- [58] Bartorelli AL, Trabattoni D, Agrifoglio M, et al. Endovascular repair of iatrogenic subclavian artery perforations using the Hemobahn stent-graft [J]. J Endovasc Ther, 2001, 8(4): 417-421. DOI: 10.1177/152660280100800411.
- [59] Chen X, Bai J, Han F, et al. Percutaneous closure of the inadvertent subclavian artery cannulation during pacemaker implantation [J]. Cardiol J, 2017, 24(4): 452-454. DOI: 10.5603/CJ.2017.0093.
- [60] Molnár L, Szucs G, Zima E, et al. Successful management and long term outcome of an accidental subclavian artery injury with a 9 french dilator during pacemaker implantation with collagen-based closure device [J]. J Interv Card Electrophysiol, 2009, 25(3): 217-218. DOI: 10.1007/s10840-008-9362-7.
- [61] Alvarez-Acosta L, Romero Garrido R, Farras-Villalba M, et al. Reel syndrome: a rare cause of pacemaker malfunction [J]. BMJ Case Rep, 2014; bcr2014204545. DOI: 10.1136/bcr-2014-204545.
- [62] Von Bergen NH, Atkins DL, Gingerich JC, et al. "Ratchet" syndrome, another etiology for pacemaker lead dislodgement: a case report [J]. Heart Rhythm, 2007, 4(6): 788-789. DOI: 10.1016/j.hrthm.2006.12.029.
- [63] Vijay SK, Dwivedi SK, Chandra S, et al. Ratchet-traction effect: an underdiagnosed mechanism of pacing lead dislodgement [J]. Indian Heart J, 2014, 66(5): 555-556. DOI: 10.1016/j.ihj.2014.05.005.
- [64] Klug D, Balde M, Pavin D, et al. Risk factors related to infections of implanted pacemakers and cardioverter-defibrillators: results of a large prospective study [J]. Circulation, 2007, 116(12): 1349-1355. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.678664.
- [65] 中国生物医学工程学会心律分会. 心律植入装置感染与处理的中国专家共识 2013 [J]. 临床心电学杂志, 2013, 22(4): 241-253. DOI: 10.3969/j.issn.1005-0272.2013.04.001.
- [66] Kusumoto FM, Schoenfeld MH, Wilkoff BL, et al. 2017 HRS Expert consensus statement on cardiovascular implantable electronic device lead management and extraction [J]. Heart Rhythm, 2017, 14(12): e503-e551. DOI: 10.1016/j.hrthm.2017.09.001.
- [67] Krahn AD, Longtin Y, Philippon F, et al. Prevention of arrhythmia device infection trial: the PADIT trial [J]. J Am Coll Cardiol, 2018, 72(24): 3098-3109. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.09.068.
- [68] 中华医学会心电生理和起搏分会, 中国医师协会心律学专业委员会. 植入型心律转复除颤器临床应用中国专家共识 (2021) [J]. 中华心律失常学杂志, 2021, 25(4): 280-299. DOI: 10.3760/cma.j.cn.113859-20210315-00054.
- [69] Varma N, Schaerf R, Kalbfleisch S, et al. Defibrillation thresholds with right pectoral implantable cardioverter defibrillators and impact of waveform tuning (the Tilt and Tune trial) [J]. Europace, 2017, 19(11): 1810-1817. DOI: 10.1093/europace/euw306.
- [70] Gold MR, Shih HT, Herre J, et al. Comparison of defibrillation efficacy and survival associated with right versus left pectoral placement for implantable defibrillators [J]. Am J Cardiol, 2007, 100(2): 243-246. DOI: 10.1016/j.amjcard.2007.02.087.
- [71] Reynolds CR, Nikolski V, Sturdivant JL, et al. Randomized comparison of defibrillation thresholds from the right ventricular apex and outflow tract [J]. Heart Rhythm, 2010, 7(11): 1561-1566. DOI: 10.1016/j.hrthm.2010.06.017.
- [72] Mollerus M, Lipinski M, Munger T. A randomized comparison of defibrillation thresholds in the right ventricular outflow tract versus right ventricular apex [J]. J Interv Card Electrophysiol, 2008, 22(3): 221-225. DOI: 10.1007/s10840-008-9254-x.
- [73] Crossley GH, Boyce K, Roelke M, et al. A prospective randomized trial of defibrillation thresholds from the right ventricular outflow tract and the right ventricular apex [J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2009, 32(2): 166-171. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2008.02198.x.
- [74] Kolb C, Solzbach U, Biermann J, et al. Safety of mid-septal electrode placement in implantable cardioverter defibrillator recipients--results of the SPICE (Septal Positioning of ventricular ICD Electrodes) study [J]. Int J Cardiol, 2014, 174(3): 713-720. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.04.229.
- [75] Mabo P, Defaye P, Mouton E, et al. A randomized study of defibrillator lead implantations in the right ventricular mid-septum versus the apex: the SEPTAL study [J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2012, 23(8): 853-860. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2012.02311.x.
- [76] Healey JS, Hohnloser SH, Glikson M, et al. Cardioverter defibrillator implantation without induction of ventricular fibrillation: a single-blind, non-inferiority, randomised controlled trial (SIMPLE) [J]. Lancet, 2015, 385(9970): 785-791. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)61903-6.
- [77] Uslan DZ, Gleva MJ, Warren DK, et al. Cardiovascular implantable electronic device replacement infections and prevention: results from the REPLACE Registry [J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2012, 35(1): 81-87. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2011.03257.x.
- [78] Goldenberg GR, Barsheshet A, Bishara J, et al. Effect of fibrotic capsule debridement during generator replacement on cardiac implantable electronic device infection risk [J]. J Interv Card Electrophysiol, 2020, 58(1): 113-118. DOI: 10.1007/s10840-019-00581-4.

(收稿日期: 2023-03-16)

(本文编辑: 徐世杰 樊颖婕)

