

## 心外膜入路在心脏电生理的应用进展

刘丁铭<sup>1</sup> 崔凯军<sup>1</sup> 崔馨爱<sup>2</sup> 文俊杰<sup>3</sup>

(1. 四川大学华西医院心血管内科, 四川 成都 610041; 2. 成都中医药大学基尔健康医学院, 四川 成都 610075; 3. 广安市人民医院心血管内科, 四川 广安 638000)

**【摘要】** 成功进入心外膜间隙是许多心脏手术的基础。既往室性心律失常和心外膜旁道的导管消融, 特别是在非缺血性心肌病心外膜室性心动过速基质消融中, 经皮剑突下心外膜入路已成为该类室性心律失常的首选治疗策略。随着研究不断深入, 经皮剑突下心外膜入路逐步应用于左心耳闭塞、食管保护、膈神经保护、心房颤动的标测和消融、心外膜起搏导线植入等。安全进入心外膜间隙是一项重大挑战。在过去的几年里, 针中针技术、经冠状静脉窦或右心耳进行二氧化碳灌注、无对比剂指导下的干性心包穿刺、实时压力/频率监测的心外膜穿刺针等多项技术的进步显著改善了心外膜入路的安全性。基于此, 现主要对心包结构、心外膜手术的适应证、常见心外膜入路对患者的影响等进行综述, 旨在为未来研究提供参考。

**【关键词】** 心外膜入路; 心脏电生理学; 心律失常

**【DOI】** 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2024.06.004

## Application Progress of Epicardial Approach in Cardiac Electrophysiology

LIU Dingming<sup>1</sup>, CUI Kaijun<sup>1</sup>, CUI Xin'ai<sup>2</sup>, WEN Junjie<sup>3</sup>

(1. Department of Cardiovascular Medicine, West China Hospital of Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan, China; 2. Keele Joint Health and Medical Sciences Institute, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610075, Sichuan, China; 3. Department of Cardiovascular Medicine, Guang'an People's Hospital, Guang'an 638000, Sichuan, China)

**【Abstract】** Successfully entering the epicardial space is the basis of many cardiac operations. During catheter ablation of ventricular arrhythmias and epicardial accessory pathway especially in matrix ablation of epicardial ventricular tachycardia in non-ischemic cardiomyopathy, percutaneous subxiphoid epicardial approach has become the preferred treatment strategy for these ventricular arrhythmias. With the deepening of research, percutaneous subxiphoid epicardial approach has been gradually applied to left atrial appendage occlusion, esophageal protection, phrenic nerve protection, mapping and ablation of atrial fibrillation, epicardial pacing lead implantation. Safe access to the epicardial space is a major challenge. In the past few years, advances of various technologies, such as needle-in-needle technique, carbon dioxide perfusion through the coronary sinus or right atrial appendage, dry pericardiocentesis without contrast media and epicardial puncture needle for real-time pressure/frequency monitoring have significantly improved the safety of epicardial approach. Based on this, this paper mainly reviews the pericardial structure, the indications of epicardial surgery and the influence of common epicardial approach on patients, in order to provide reference for future research.

**【Keywords】** Epicardial approach; Cardiac electrophysiology; Arrhythmia

在病理状态下, 心外膜基质的异常重构会导致室上性心动过速、心房颤动、特发性室性心动过速 (ventricular tachycardia, VT) 和心肌瘢痕相关的 VT 等心律失常的发生。自从引入经皮心外膜入路来定位和消融心律失常以来, 这项技术已成为消除这些心律失常的重要辅助手段, 有时是首选的方法<sup>[1]</sup>。

心外膜入路的建立需利用心脏静脉系统、心包开窗技术、心包穿刺和开胸等, 操作十分复杂, 影响患者

生存质量。自 Sosa 等<sup>[2]</sup>首次应用经剑突下心包穿刺进行心外膜消融术来治疗美洲锥虫病伴 VT 患者, 该方法已成为心外膜入路的经典方法。此外随着电生理技术不断发展, 除 VT 外, 心肌梗死、非缺血性心肌病、心律失常心肌病等均使用心外膜入路消融进行治疗<sup>[3-4]</sup>。

### 1 心包解剖结构

心包是心肌外层光滑膜状结构, 外层为间皮, 内

层为间皮下层,含有丰富的血管、神经组织。掌握心包解剖结构对于操作经皮剑突下心外膜入路穿刺至关重要。心包通常由烧瓶状双层囊组成,紧贴于心肌外侧,囊外侧是纤维包膜,主要由结缔组织构成;内部是浆液囊,浆液囊由心脏内陷形成,内部又可分为内脏层、心外膜层及由纤维排列构成的壁层<sup>[5]</sup>。心外膜主要覆盖于心脏与大血管之上,沿管状大血管从心脏延伸至心包壁,大血管则连接主动脉、肺动脉和腔静脉。常规心包壁厚度为 0.8~2.5 mm,在心包层之间的是心包腔。位于大血管与心包反射点之间的空间可被分为上窦、横窦、斜窦 3 个窦状结构以及静脉腔后凹陷、主动脉下凹陷、左右肺静脉凹陷 4 个凹陷,因而大血管基底处存在心包反射<sup>[6]</sup>。

## 2 心外膜入路相关适应证

心外膜入路目前已成为电生理学家的一个重要辅助工具,被广泛用于 VT 和难治性房室旁道的治疗中<sup>[7]</sup>。此外,还包括其他适应证如心房颤动时的后壁消融、心房颤动消融时的食管保护、室性或房性心动过速消融时的膈神经保护和左心耳闭塞。李波等<sup>[8]</sup>利用心外膜联合经心尖心内膜射频消融术治疗 VT,研究选取 24 只 VT 的猪作为研究对象,12 只予以心外膜联合心尖心内膜射频消融术(实验组),12 只予以主动脉逆行心内膜消融术(对照组),研究结果显示实验组术后 VT 复发率显著低于对照组,表明在开胸直视下心外膜联合心尖心内膜射频消融术可有效治疗 VT。

## 3 不同入路心外膜穿刺技术

自 Sosa 等<sup>[2]</sup>提出经心外膜入路进入心包间隙后,经皮心外膜手术已被心脏电生理学家广泛应用,并且随着学者不断探究和技术的不断发展完善,剑突下心外膜穿刺技术、针中针(needle-in-needle, NIN)技术等被广泛应用于临床研究。

### 3.1 经典剑突下心外膜穿刺技术(Sosa 技术)

剑突下入路使用最广泛的仍然是经皮心外膜入路。Sosa 等<sup>[2]</sup>最初在 20 多年前引入非手术经胸心外膜大孔针(即 18 G)技术进入心包间隙。心外膜入路则是通过硬膜外穿刺针来实现心包穿刺,并在 X 射线透视引导下进入心包腔。通过注射对比剂来确定针尖的位置,并引入一根导丝(8.89 mm 的 Bentson 针丝)。推进 8 Fr 鞘管(23 cm);将 4 mm 可调弯的消融导管引入心包腔,描绘左心室心外膜表面<sup>[9-10]</sup>。这种方法在电生理学领域逐渐得到广泛应用。张春瑜等<sup>[11]</sup>通过经皮剑突下心外膜入路来治疗室性心律失常患者,研究纳入 10 例室性心律失常患者,分析患者心包穿刺情况以及术后并发症发生情况,结果显示所有患者经皮剑突下心外膜入路均成功,术后有 1 例患

者出现心包出血且经治疗后好转,结果表明经皮剑突下心外膜穿刺安全有效,能提高消融成功率。

### 3.2 NIN 技术

NIN 技术(图 1)使用 18 G Cook 针(7 cm, Cook Medical, Bloomington, IN)和 21 G 微穿刺针(Cook Medical)或长脊柱针(Chiba 活检针 21 G, 20 cm, Cook Medical)。该技术包括以下几个方面<sup>[11]</sup>:(1)通过浅层组织将 18 G Cook 针插入剑突下,直至接近心脏轮廓。(2)通过 18 G Cook 针插入 21 G 微穿刺针。(3)单独使用 21 G 微穿刺针进入心包间隙,同时借助对比剂、X 射线透视和进入心包间隙的触感,保持 Cook 针的位置稳定。(4)将一根 0.18 G 的软头导丝(0.457 mm)穿过 21 G 微穿刺针进入心包间隙。与 Sosa 技术一样,通过在 X 射线透视下显示导丝穿过多个心腔并在左前斜投影中环绕左侧心脏侧影的边缘,可确认导丝位于心包腔内。(5)取下两根针,用 0.18 G 导丝将微穿刺针扩张器送入心包间隙,然后换成 6 Fr 或 8 Fr 扩张器。(6)再次通过对比剂或液体抽吸来确认进入心包腔。(7)0.18 G 导丝换成软头 8.89 mm 的 Bentson 导丝(Cook Medical)。(8)在 8.89 mm 的导线上插入一个带扩张器的 8 Fr 外鞘。

### 3.3 胸骨旁肋间经皮心外膜入路

剑突下入路是经皮心外膜入路的标准和最常用的方法。Miyamoto 等<sup>[12]</sup>报道了一种胸骨旁肋间经皮入路,患者全麻后,在正前位和左侧位 X 射线透视引导下,于胸骨外侧(第 5 肋间隙)进行穿刺。Loukas 等<sup>[13]</sup>证实在胸骨旁肋间进行经皮心外膜入路是可行的,可替代剑突下心外膜入路治疗心律失常,通常选择第 5 肋间隙入路,胸骨旁肋间入路的位置需根据术前 CT 和超声心动图共同确定。倪建明等<sup>[14]</sup>探究第 1~5 肋间隙胸骨边缘距离影像学特点,以期胸骨旁入路穿刺提供临床依据,研究纳入 244 例患者,通过多层螺旋 CT 扫描观察患者乳内血管在胸骨旁的特点,同时测量不同解剖类型两侧乳内血管与第 1~5 肋间隙胸骨边缘距离,结果表明多层螺旋 CT 可为胸骨旁肋间经皮心外膜入路提供准确的影像学信息。

### 3.4 经右心室穿刺

经胸干性心包穿刺常伴有右心室或冠状动脉损伤的风险,Qin 等<sup>[15]</sup>在比格犬实验中使用 0.356 mm PTCA 导丝和 1.8 Fr 微导管经右心室进行心包穿刺手术,研究结果表明所有实验对象均穿刺成功且无心包积液出现,学者认为使用该规格导丝与微导管进行穿刺是可行的,且手术安全性较高。

### 3.5 前入路与后入路穿刺

后入路穿刺通常于心室下侧壁和左心房后壁进

行标测和消融,或用于放置心外膜左心室导线( $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ )。而前入路主要于心脏前壁穿刺,如右心室前壁或左、右心耳为靶区时( $20^{\circ}$ )。常规剑突下穿刺多选择后入路进入靠近下壁的心包,这使得入路角度更小。Mathew 等<sup>[16]</sup>报道 100 例患者的心外膜前入路经验。在这一系列接受心外膜 VT 消融的患者中,心外膜前入路是可行的,并且未发生明显的并发症;同时与 NIN 和 Sosa 技术的结果进行回顾性比较,发现前入路组的心外膜入路成功率明显更高。Keramati 等<sup>[17]</sup>

分析心外膜前入路对左乳内动脉损伤的 VT 消融的临床效果,研究纳入 48 例左胸廓内动脉撕裂损伤患者,均行 VT 消融术,所有患者均穿刺成功,研究认为心包穿刺可能因左胸廓内动脉撕裂损伤而变得复杂,避免右心室穿刺的前入路可能会增加左胸廓内动脉撕裂损伤的发生率。因此在进针过程中,当接近心包时需小心,避免多次穿刺或拔针。此外,采用前入路患者无明显出血或死亡病例出现。有研究<sup>[18]</sup>表明采用后入路发生急性重大并发症的风险为 5% ~ 7%。

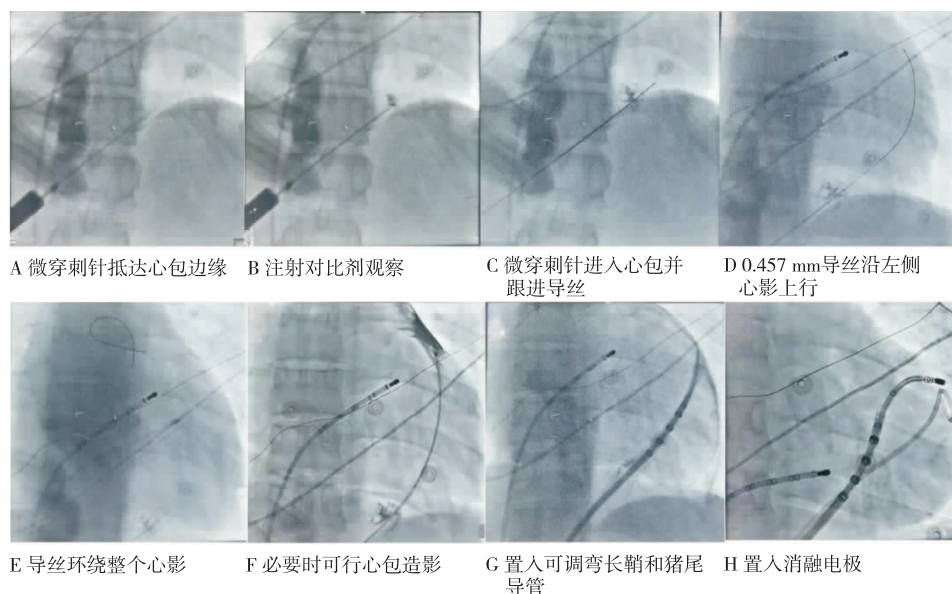


图 1 NIN 技术图

#### 4 心外膜入路新方法的探索

##### 4.1 无对比剂 X 射线指导下干性心包穿刺

目前也有学者表明穿刺时无需对比剂亦可完成手术,如孙莉萍等<sup>[19]</sup>通过 X 射线左侧位指导进行心包穿刺的安全性研究,研究选取 52 例 VT 患者作为试验对象,于 X 射线下进行心包穿刺,结果显示穿刺成功率为 98.08%,并发症发生率为 15.69%,说明该技术指导下可显著降低心包穿刺术并发症发生率,是进入心外膜消融的有效途径。另外利用导丝引导进行心包穿刺的成功率和安全性均较高,Long 等<sup>[20]</sup>选取接受心外膜 VT 消融治疗的患者作为观察对象,根据心包穿刺方法分为两组,其中 32 例接受对比剂引导穿刺,41 例接受无对比剂引导穿刺,结果发现两组透视时间和穿刺时间无统计学差异,对比剂引导穿刺组的穿刺不良症状发生率高于导丝引导穿刺组,但无统计学意义,研究表明导丝引导心包穿刺与对比剂引导穿刺均具有较好的安全性和成功率,可有效减少并发症发生风险。

##### 4.2 嵌入实时压力/频率监测的心外膜穿刺针

di Biase 等<sup>[21]</sup>设计了一种特殊穿刺系统(EpiAccess

系统),它是一种允许使用与 Tuohy 针相同程序技术的系统,同时利用创新的针尖设计,该设计结合了光纤传感器,可显示压力波形,以便实时确认针尖已进入心包腔。但该系统波形干扰大,临床实际操作中可行性不高。

##### 4.3 通过微穿刺针的阻抗测量来确认心包入路

针尖穿过皮肤、皮下组织、脂肪和带有浆液的心包腔等这些组织都有唯一的阻抗值,故 John 等<sup>[22]</sup>对 21 G 微穿刺针进行改进,在针尖处增加两个小电极,通过电极的连续生物阻抗监测进行穿刺。在心包探查过程中从针头收集的连续阻抗数据配合一根 0.356 mm 的导丝穿过改良的微穿刺针,以确认穿刺针顺利进入心包腔。

##### 4.4 心包内灌注二氧化碳或对比剂以促进剑突下穿刺

然而上述这些工具或方法都未将心脏组织与潜在的有害穿刺完全分开,如果心包是“干的”,那么由于心脏在针尖上跳动而导致右心室或冠状动脉撕裂的风险很高,因此,有学者在动物实验中有意图用微导管经右心耳<sup>[23-24]</sup>或冠状静脉窦<sup>[25]</sup>出口处,向心包内灌

注二氧化碳或对比剂来分离心包层以促进剑突下入路。前者主要采用 4 Fr 微导管 + 0.889 mm 导丝后端或 2.8 Fr 微导管 + 0.457 mm 导丝后端进行右心耳穿刺,后者则将 Agilis 鞘导入冠状静脉窦,选择冠状静脉窦外侧支或前外侧支为穿孔血管,使用造影导管(JR4)对目标血管进行选择。然后使用高尖端负载 0.356 mm 的冠状动脉导丝前端来穿刺,当导丝环绕在心脏轮廓时,将微导管送入心包间隙。随后经微导管灌注二氧化碳或对比剂,再经剑突下 NIN 技术前入路实现心外膜入路。

## 5 心外膜导管标测及消融

在心脏电生理学研究中最常见的心外膜手术是导管消融术,尤其针对瘢痕介导的 VT,初始时由于心内膜消融 VT 的成功率极低,因此有学者提出心外膜 VT 基质的概念,在缺血性心动过速患者中,支持折返的关键解剖基质可能发生在心外膜,由此延伸出心外膜导管消融技术<sup>[26]</sup>。Sosa 等<sup>[2]</sup>确立了这种技术的实用性以及必要性,通过心外膜途径成功消除 VT,无需考虑左心室壁厚,因此该方法一经出现即受到广泛关注,并且已在缺血性、非缺血性、特发性、遗传性和浸润性心肌病等疾病中应用<sup>[27]</sup>。此外利用心电图、术中激动标测、CT 或磁共振成像均可帮助确定心外膜 VT 通路。但心电图在诊断心外膜 VT 时并不总是可靠的,详细的心内膜标测被证明有潜在的益处。在非缺血性心肌病患者中,约 60% 的患者心内膜单极低压区与心外膜双极低压区正对,后者在考虑心外膜消融时对非缺血性心肌病且无明确心内膜基质的患者尤其有价值<sup>[28]</sup>。虽然心外膜有效消融的功率和阻抗与心内膜消融相似,但两种策略之间存在一些根本差异。例如,在心外膜消融时,会面临各种结构障碍,如二尖瓣瓣叶、腱索、乳头肌、浦肯野纤维等,尽管这些结构在心脏正常功能中扮演着重要角色,但它们并不会成为主要障碍。此外,心外膜脂肪在标测和消融时可作为心肌的绝缘层而影响能量传递,且心外膜消融形成炭化和蒸汽爆破往往具有更少的灾难性后果,故心外膜消融的温度设置通常比心内膜更自由。心包内缺乏血流会导致消融导管尖端过热,从而限制射频能量的传递,因此推荐冷盐水灌注消融。有研究<sup>[29]</sup>指出,在较高的流速( $\geq 10$  mL/min)下心外膜消融可能对射频病变的形成产生不利影响。因此,心外膜射频消融应在相对干燥的心包环境中,使用较低的冲洗流速(5 mL/min)下进行。

## 6 心外膜消融术不良事件

心包出血、腹腔内出血、血管和膈神经损伤属于心外膜消融术常见并发症。详细了解患者既往病史,

如心脏手术、心包炎或心包器械使用情况等,对心外膜消融术的成功至关重要。此外,在手术时确保正常的凝血参数,并及时获取患者超声心动图、血红蛋白检测结果,对于提高手术的安全性有利<sup>[30]</sup>。临床上心包出血多发生在心外膜穿刺时以及手术完成后,在完成心外膜穿刺后心包出血可能是由于心包粘连破裂、心外膜血管穿孔、意外穿刺右心室等导致<sup>[31]</sup>。其中心包粘连破裂、意外穿刺右心室导致心包出血通常具有自限性,并且经治疗后不易产生严重后遗症,部分患者需对心外膜血管穿孔部位进行手术修复或者给予患者经皮介入治疗<sup>[32]</sup>。

## 7 总结

目前心外膜入路已成为心脏电生理研究的一项重要手段,为心脏电生理学家提供各种选择来指导心外膜穿刺技术操作。在过去研究中进入干性心包的技术已从 Sosa 技术扩展到多个选择,这些技术目前已被证实在临床操作中可行,且对于部分特殊患者效果显著。

## 参考文献

- [1] d'Avila A, Koruth JS, Dukkupati S, et al. Epicardial access for the treatment of cardiac arrhythmias[J]. *Europace*, 2012, 14 (suppl 2): ii13-ii18.
- [2] Sosa E, Scanavacca M, d'Avila A, et al. Nonsurgical transthoracic epicardial catheter ablation to treat recurrent ventricular tachycardia occurring late after myocardial infarction[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2000, 35(6): 1442-1449.
- [3] Kunkel M, Rothstein P, Sauer P, et al. Open surgical ablation of ventricular tachycardia: utility and feasibility of contemporary mapping and ablation tools[J]. *Heart Rhythm O<sup>2</sup>*, 2021, 2(3): 271-279.
- [4] Hayase J, Mori S, Shivkumar K, et al. Anatomy of the pericardial space[J]. *Card Electrophysiol Clin*, 2020, 12(3): 265-270.
- [5] Mori S, Hanna P, Dacey MJ, et al. Comprehensive anatomy of the pericardial space and the cardiac hilum: anatomical dissections with intact pericardium[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2022, 15(5): 927-942.
- [6] Lachman N, Syed FF, Habib A, et al. Correlative anatomy for the electrophysiologist, Part I: the pericardial space, oblique sinus, transverse sinus[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2010, 21(12): 1421-1426.
- [7] Pong T, Shah RL, Carlton C, et al. Hybrid ablation for atrial fibrillation: safety & efficacy of unilateral epicardial access[J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 35(2): 277-286.
- [8] 李波, 刘长城, 王粮山, 等. 心外膜 + 经心尖心内膜联合射频消融治疗猪室壁瘤相关室性心动过速[J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2019, 35(12): 744-747.
- [9] Nakahara S, Ramirez RJ, Buch E, et al. Intrapericardial balloon placement for prevention of collateral injury during catheter ablation of the left atrium in a porcine model[J]. *Heart Rhythm*, 2010, 7(1): 81-87.
- [10] Kumar S, Bazaz R, Barbhaiya CR, et al. "Needle-in-needle" epicardial access: preliminary observations with a modified technique for facilitating epicardial interventional procedures[J]. *Heart Rhythm*, 2015, 12(7): 1691-1697.
- [11] 张春瑜, 聂振宁, 代世摩, 等. 经皮心包穿刺途径标测和消融室性心律失常的安全性和有效性[J]. *上海医学*, 2017, 40(4): 201-205.
- [12] Miyamoto K, Noda T, Aiba T, et al. Parasternal intercostal approach as an alternative to subxiphoid approach for epicardial catheter ablation: a case report[J]. *Heart Rhythm Case Rep*, 2015, 1(3): 150-155.

(下转第 501 页)

- [20] Moco AV, Stuijk S, de Haan G. New insights into the origin of remote PPG signals in visible light and infrared[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1):8501.
- [21] Pankaj, Kumar A, Komaragiri R, et al. Reference signal less Fourier analysis based motion artifact removal algorithm for wearable photoplethysmography devices to estimate heart rate during physical exercises[J]. *Comput Biol Med*, 2022, 141:105081.
- [22] Tamura T, Maeda Y, Sekine M, et al. Wearable photoplethysmographic sensors—Past and present[J]. *Electronics*, 2014, 3(2):282-302.
- [23] Hartmann V, Liu H, Chen F, et al. Quantitative comparison of photoplethysmographic waveform characteristics; effect of measurement site[J]. *Front Physiol*, 2019, 10:198.
- [24] Brasier N, Raichle CJ, Dörr M, et al. Detection of atrial fibrillation with a smartphone camera: first prospective, international, two-centre, clinical validation study (DETECT AF PRO)[J]. *Europace*, 2019, 21(1):41-47.
- [25] Kwon S, Hong J, Choi EK, et al. Detection of atrial fibrillation using a ring-type wearable device ( CardioTracker ) and deep learning analysis of photoplethysmography signals: prospective observational proof-of-concept study [J]. *J Med Internet Res*, 2020, 22(5):e16443.
- [26] Azudin K, Gan KB, Jaafar R, et al. The principles of hearable photoplethysmography analysis and applications in physiological monitoring—A review[J]. *Sensors (Basel)*, 2023, 23(14):6484.
- [27] Vescio B, Salsone M, Gambardella A, et al. Comparison between electrocardiographic and earlobe pulse photoplethysmographic detection for evaluating heart rate variability in healthy subjects in short- and long-term recordings[J]. *Sensors (Basel)*, 2018, 18(3):844.
- [28] Conroy T, Guzman JH, Hall B, et al. Detection of atrial fibrillation using an earlobe photoplethysmographic sensor [J]. *Physiol Meas*, 2017, 38(10):1906-1918.
- [29] Guo Y, Wang H, Zhang H, et al. Mobile photoplethysmographic technology to detect atrial fibrillation[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 74(19):2365-2375.
- [30] Turakhia MP, Desai M, Hedlin H, et al. Rationale and design of a large-scale, app-based study to identify cardiac arrhythmias using a smartwatch; the Apple Heart Study[J]. *Am Heart J*, 2019, 207:66-75.
- [31] Jacobsen M, Dembek TA, Ziakos AP, et al. Reliable detection of atrial fibrillation with a medical wearable during inpatient conditions[J]. *Sensors (Basel)*, 2020, 20(19):5519.
- [32] Stockwell SJ, Kwok TC, Morgan SP, et al. Forehead monitoring of heart rate in neonatal intensive care[J]. *Front Physiol*, 2023, 14:1127419.
- [33] Fine J, Branan KL, Rodriguez AJ, et al. Sources of inaccuracy in photoplethysmography for continuous cardiovascular monitoring[J]. *Biosensors (Basel)*, 2021, 11(4):126.
- [34] Chong JW, Cho CH, Tabei F, et al. Motion and noise artifact-resilient atrial fibrillation detection using a smartphone[J]. *IEEE J Emerg Sel Top Circuits Syst*, 2018, 8(2):230-239.
- [35] Poh MZ, Poh YC, Chan PH, et al. Diagnostic assessment of a deep learning system for detecting atrial fibrillation in pulse waveforms[J]. *Heart*, 2018, 104(23):1921-1928.
- [36] Hermans ANL, Gawalko M, Dohmen L, et al. Mobile health solutions for atrial fibrillation detection and management: a systematic review[J]. *Clin Res Cardiol*, 2022, 111(5):479-491.
- [37] Shi Y, Ma D, Zhang J, et al. In the digital age: a systematic literature review of the e-health literacy and influencing factors among Chinese older adults[J]. *Z Gesundh Wiss*, 2023, 31(5):679-687.

收稿日期:2023-08-12

(上接第 497 页)

- [13] Loukas M, Walters A, Boon JM, et al. Pericardiocentesis: a clinical anatomy review[J]. *Clin Anat*, 2012, 25(7):872-881.
- [14] 倪建明, 唐平, 张雷, 等. 胸骨旁入路胸腔及心包腔穿刺相关的内乳血管 CT 影像学研究[J]. *中华解剖与临床杂志*, 2017, 22(6):452-456.
- [15] Qin HD, Gao H, Gao J, et al. Novel dry pericardiocentesis: transvenous puncture of the right ventricle with the back end of a 0.014-inch PTCA guidewire and a 1.8 Fr microcatheter[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9:974601.
- [16] Mathew S, Feickert S, Fink T, et al. Epicardial access for VT ablation: analysis of two different puncture techniques, incidence of adhesions and complication management[J]. *Clin Res Cardiol*, 2021, 110(6):810-821.
- [17] Keramati AR, Demazumder D, Misra S, et al. Anterior pericardial access to facilitate electrophysiology study and catheter ablation of ventricular arrhythmias: a single tertiary center experience[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2017, 28(10):1189-1195.
- [18] Muchtari KM, Hendriks AA, Yap S, et al. Damage to the left internal mammary artery during anterior epicardial access for ventricular tachycardia ablation—Case series[J]. *HeartRhythm Case Reports*, 2018, 4(11):534-537.
- [19] 孙莉萍, 龙德勇, 桑才华, 等. 无造影剂 X 线左侧位指导下干性心包穿刺方法的评价[J]. *中华心律失常学杂志*, 2018, 22(2):146-150.
- [20] Long DY, Sun LP, Sang CH, et al. Pericardial access via wire-guided puncture without contrast: the feasibility and safety of a modified approach[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2020, 31(1):30-37.
- [21] di Biase L, Burkhardt JD, Reddy V, et al. Initial international multicenter human experience with a novel epicardial access needle embedded with a real-time pressure/frequency monitoring to facilitate epicardial access: feasibility and safety[J]. *Heart Rhythm*, 2017, 9(S1):981-988.
- [22] John M, Post A, Burklund DA, et al. Confirming pericardial access by using impedance measurements from a micropuncture needle [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2020, 43(6):593-601.
- [23] Rogers T, Ratnayaka K, Schenke WH, et al. Intentional right atrial exit for microcatheter infusion of pericardial carbon dioxide or iodinated contrast to facilitate sub-xiphoid access[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2015, 86(2):E111-E118.
- [24] Greenbaum AB, Rogers T, Paone G, et al. Intentional right atrial exit and carbon dioxide insufflation to facilitate subxiphoid needle entry into the empty pericardial space: first human experience[J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2015, 1(5):434-441.
- [25] Silberbauer J, Gomes J, O'Nunain S, et al. Coronary vein exit and carbon dioxide insufflation to facilitate subxiphoid epicardial access for ventricular mapping and ablation: first experience[J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2017, 3(5):514-521.
- [26] Hale Z, Howard A, Yang Y, et al. Techniques for percutaneous access[J]. *Card Electrophysiol Clin*, 2020, 12(3):271-280.
- [27] Bhaskaran A, Tung R, Stevenson WG, et al. Catheter ablation of VT in non-ischaemic cardiomyopathies: endocardial, epicardial and intramural approaches[J]. *Heart Lung Circ*, 2019, 28(1):84-101.
- [28] Aryana A, O'Neill PG, Pujara DK, et al. Impact of irrigation flow rate and intrapericardial fluid on cooled-tip epicardial radiofrequency ablation[J]. *Heart Rhythm*, 2016, 13(8):1602-1611.
- [29] Winterfield JR, Jensen J, Gilbert T, et al. Lesion size and safety comparison between the novel flex tip on the flexibility ablation catheter and the solid tips on the ThermoCool and ThermoCool SF ablation catheters[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2016, 27(1):102-109.
- [30] Pandian J, Kaur D, Yalagudri S, et al. Safety and efficacy of epicardial approach to catheter ablation of ventricular tachycardia—An institutional experience[J]. *Indian Heart J*, 2017, 69(2):170-175.
- [31] Bradfield JS, 杜先锋. 室速的心外膜标测与消融: 优化成功率及减少并发症的技术要点[J]. *实用心电学杂志*, 2017, 26(4):234-246.
- [32] Romero J, Patel K, Lakkireddy D, et al. Epicardial access complications during electrophysiology procedures[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2021, 32(7):1985-1994.

收稿日期:2024-01-08