

心房颤动体外直流电复律方案的研究进展

陈青松¹ 陈芸霖² 肖明阳² 殷跃辉^{1,2}

(1.重庆医科大学研究生院,重庆 400010; 2.重庆医科大学附属第二医院心血管内科,重庆 400010)

【摘要】 体外直流电复律是心房颤动节律控制策略中一种简单有效的方式,但目前尚无统一的电复律方案。除颤波类型、能量大小、电极板位置、电极板加压、双体外直流电复律和抗心律失常药预处理等因素均可影响心房颤动电复律的效果,心房颤动电复律方案需进一步探索。

【关键词】 心房颤动;体外直流电复律;节律控制

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2021.09.010

External Direct Current Cardioversion for Atrial Fibrillation

CHEN Qingsong¹, CHEN Yunlin², XIAO Mingyang², YIN Yuehui^{1,2}

(1. Chongqing Medical University Graduate School, Chongqing 400010, China; 2. Department of Cardiology, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China)

【Abstract】 External direct current cardioversion is a feasible and effective strategy for rhythm control of atrial fibrillation, however, the protocols of external direct current cardioversion for atrial fibrillation have not been unified. The outcome of external direct current cardioversion is considered to be affected by the choice of waveform, energy, paddle positions, and whether manual pressure augmentation, dual external direct current cardioversion and antiarrhythmics pre-treatment are applied. Therefore, the protocols of external direct current cardioversion for atrial fibrillation deserves further exploration.

【Key words】 Atrial fibrillation; External direct current cardioversion; Rhythm control

心房颤动(房颤)是最常见的心律失常之一,会显著增加脑卒中和心力衰竭的发生风险,严重危害人类健康。节律控制和心室率控制是房颤治疗的两大策略。大量临床研究已证实节律控制不仅能改善患者的症状,提高生活质量,而且显著降低心脑血管并发症的风险^[1],也能延缓阵发性房颤进展为持续性房颤^[2],已成为房颤综合管理的关键手段。目前节律控制的主要方法包括抗心律失常药、电复律及导管消融治疗^[3]。电复律是一种简单而有效的转复方式,在临床应用普遍,电复律方案是影响房颤转复为窦性心律的重要因素,但目前尚无统一的房颤电复律标准^[3-4],且仍有 12%~26% 的房颤患者电复律失败^[5-6]。如何优化电复律流程,提高房颤转复成功率是亟待解决的问题,现就当下房颤体外直流电复律方案的研究进展进行综述。

1 除颤波类型

根据除颤仪释放的电脉冲方式的不同,除颤波类型可分为单相波和双相波。早期的随机对照研究证

实,与单相波相比,双相波在首次转复和总体转复方面成功率更高,所需电击能量和电击次数更少,且安全性相当^[7-8],所以临床上更推荐采用双相波进行电复律操作。双相波主要包括三种类型:脉冲式双相波型(pulsed biphasic waveform, PBW)、双相切角指数波型(biphasic truncated exponential waveform, BTEW)和双相方波型(rectilinear biphasic waveform, RBW)^[9-10]。早期主要对 RBW 和 BTEW 进行比较,但无研究显示这两种波型在房颤转复成功率方面存在差异^[9,11]。此外,一项纳入 23 个研究的网状荟萃分析也未能证实这两种双相波在首次电击成功率、总体转复成功率、累积能量和电击次数方面的优劣^[12]。PBW 的出现使得双相波型的选择更为复杂。Schmidt 等^[10]比较了 PBW 和 BTEW 的有效性和安全性。这项随机对照研究将择期电复律的房颤患者分为使用 PBW 电击(69 例)和 BTEW 电击(65 例)两组,逐步递增电击能量,直到获得窦性心律或最大电击次数为 4 次, PBW 组电击能量设置为 90 J-120 J-150 J-200 J,而 BTEW 组

为 100 J-150 J-200 J-250 J。结果显示 PBW 组和 BTEW 组分别有 43 例 (62%) 和 56 例 (86%) 复律成功,提示 BTEW 复律更有效 ($P=0.002$), 两组安全性相当 ($P=0.15$)^[10]。该研究中不同的电击能量可能是影响电复律结局的潜在因素。另一项回顾性研究也对 PBW 组和 BTEW 组进行了比较, 两组能量设置基本一致 (120 J-200 J-200 J vs 100 J-200 J-200 J), 调整混杂因素后两组的成功率和安全性相当^[13]。因此, BTEW 是否优于 PBW 尚无定论。一项纳入 75 例症状性房颤患者的随机对照试验 (NCT04032678), 旨在比较 BTEW 和 PBW 在房颤电复律中的有效性和安全性。两组能量设置均为 200 J, 主要有效性终点是电复律累积能量大小, 安全性终点则是电复律前后心肌损伤标志物的改变。目前该研究已完成, 期待后续结果的公布。总体而言, 双相波比单相波更有效, 应用更广泛。但不同类型双相波之间的优劣尚不完全清楚, 需更多的循证证据加以证实。

2 能量选择

房颤电复律时, 除颤仪瞬间释放高能电脉冲使心肌细胞膜电位同时去极化以终止房颤。电脉冲能量的高低会直接影响房颤电复律的结局, 在保证安全性的前提下, 增加电击能量能提高房颤的转复成功率^[14-15]。如何选择最佳能量是临床实践中十分关注的问题。为避免过高能量电击带来的严重心律失常及心肌损伤等并发症发生, 临床工作中常使用低能量起始, 逐级递增能量进行复律。近期公布的 CHES 研究^[16]给房颤电复律的能量设置带来了新的提示。该研究纳入 276 例持续性房颤及长程持续性房颤患者, 其中, 长程持续性房颤患者 82 例 (30%)。比较了双相波最大固定能量 (360 J-360 J-360 J) 和逐步递增能量 (125 J-150 J-200 J) 电击对房颤转复的效果, 结果显示最大固定能量组成功率显著高于逐步递增能量组 (88% vs 66%, $P<0.001$), 两组间安全性无显著差异, 提示双相波最大固定能量比逐渐增加能量更有效且同样安全^[16]。同时, 该研究中最大固定能量组 3 次电击累计成功率分别为 75%、85% 和 88%, 逐步递增能量组分别为 34%、53% 和 66%, 这表明增加电击能量可提高转复成功率, 以相同的能量多次电击也可能提高成功率。此外, 该研究亚组分析显示, 最大固定能量在长程持续性房颤患者中成功率为 100% (37/37)。尽管该研究中最大固定能量和逐步递增能量在安全性方面无显著差异, 但这项研究纳入的对象是血流动力学稳定的房颤患者, 对于血流动力学不稳定和一般情况较差的人群是否同样适用, 有待进一步研究证实。

3 电极板位置

电极板位置的变化可改变传递到心脏电流的大

小和方向, 关于电极板位置对电复律结局的影响, 既往研究的结论并不一致。Alp 等^[17]共纳入 59 例持续性房颤患者, 将所有患者随机分配至前侧电极位置组和前后电极位置组, 并接受相同能量的电击。结果显示前侧电极位置组电击的首次转复成功率高于前后电极位置组 (60% vs 34%, $P=0.048$), 表明前侧电极位置比前后电极位置更有效。然而, Kirchhof 等^[18]的研究却发现前后电极位置更佳。该研究进一步扩大了样本量, 以 108 例持续性房颤患者作为研究对象, 所有患者均接受逐级能量递增程序 (50 J-100 J-200 J-300 J-360 J), 直至成功转复窦性心律。若 360 J 能量电击后房颤仍存在, 则交换到另一电极位置以 360 J 能量再次电击。结果显示前后电极位置组复律成功率高于前侧电极位置组 (96% vs 78%, $P=0.009$)。Siaplaouras 等^[19]则在 123 例持续性房颤患者中比较了不同电极位置的优劣, 结果提示电极位置与电复律结局无关。后续的研究中, Zhang 等^[20]的荟萃分析纳入了 10 项研究, 共 1 281 例患者, 结果同样未能显示前后电极位置与前侧电极位置相比具有明显优势。以上研究在纳入人群的临床基线特征、试验分组、电击能量和次数方面都存在一定差异, 这些都可能影响最终结果。临床上可能更倾向于选择前后电极位置, 这基于左心房的解剖位置在胸腔的后方, 前后电极位置产生的经胸阻抗 (transthoracic impedance, TTI) 较低, 从而导致电击成功率相对较高^[21]。这一观点需大规模随机对照研究来证实。正在进行的随机对照研究 (NCT03817372) 旨在比较电极前后位与前侧位的有效性和安全性。该研究预计纳入 468 例房颤患者, 主要终点是比较首次电击的成功率, 次要终点是总体转复成功率, 安全性终点包括心律失常和皮肤灼伤等电复律相关并发症。期待该研究的试验数据为电极位置的选择提供更明确的证据。

4 电极板加压

一项小样本研究初步评估了向电极板施加压力对 TTI 的影响, 结果显示对电极板施加压力可降低 TTI, 8 kg 的力度 (约 80 N) 是合适的, 这提示向电极板施加压力可能是改进电复律技术的有用手段^[22], 因为电复律时 TTI 的降低会增加电复律成功率^[23]。Voskoboinik 等^[24]评价了手动施加压力 (manual pressure augmentation, MPA) 对持续性房颤合并肥胖患者的安全性和有效性。20 例接受常规电复律方案失败的肥胖患者进一步接受了 MPA, 其中有 16 例 (80%) 患者电复律成功。Ramirez 等^[25]发现 MPA 在 200 J 能量电击时复律成功率可从 88.4% 提高到 96.1%, 在 360 J 能量电击时成功率进一步提高到

98.7%。值得注意的是,上述两项研究在 MPA 的实施过程中存在区别。在 Voskoboinik 等^[24]的研究中,MPA 实施前是将患者侧卧,然后一名或两名操作员戴好手套将手放在前后电极贴片位置上施加压力,同时传递电击。在 Ramirez 等^[25]的研究中,患者仰卧,MPA 通过使用除颤仪手柄在前侧电极贴片位置施加压力。MPA 无论通过何种方式实施,均能提高房颤电复律成功率,特别是在部分肥胖人群中。MPA 是否可拓展到一般房颤人群,是否优于常规的电复律方案,这些问题都值得进一步探索。2020 年公布的一项双中心随机对照研究^[26]给出了提示,该研究评估了 MPA 在房颤复律中的效果,纳入的 100 例持续性房颤患者被随机分配到标准前后电极位置的除颤组和在前位电极上施加压力的除颤组,施加的压力约为 80 N。结果显示 MPA 组除颤阈值更低,所需总能量更低,电击次数更少,复律成功率更高。所以,MPA 可降低 TTI,从而增加电复律成功率,鉴于电复律时对电极板施加一定的压力能提高房颤的转复成功率,故有必要在除颤仪上加入压力和阻抗的实时显示功能,以便于操作者正确地实施电复律。

5 双体外直流电复律

双体外直流电复律(dual external direct current cardioversion, dual-DCCV)是利用两个除颤仪同时进行电击,四个电极贴片分别放置在前侧及前后位置^[27]。1990 年首次有研究描述了其在房颤中的应用,并且证实了它的有效性和安全性^[28-29]。Kabukcu 等^[30]纳入 15 例行常规电复律方案失败的持续性房颤患者,所有患者均伴有结构性心脏病(风湿性二尖瓣病变 11 例,扩张型心肌病 3 例,肥厚型心肌病 1 例),两个除颤仪能量设置均为单相 360 J,使用 dual-DCCV 电击后 13 例患者(87%)达到窦性心律,无患者出现血流动力学障碍、脑卒中和恶性心律失常等事件。Chang 等^[31]报道了 1 例房颤伴快速心室率出现血流动力学不稳定的患者,该患者合并扩张型心肌病和高血压,多次采用常规电复律方案均失败,最终尝试 dual-DCCV 电击后转复成功。上述研究初步提示在器质性心脏病和血流动力学不稳定的房颤患者中,使用 dual-DCCV 可能有效且安全,但这有待进一步研究证实。近期, Gardner 等^[27]通过一项回顾性队列研究发现, dual-DCCV 与标准电复律相比,两种方法在房颤复发比例、复发时间及安全性上无显著差异。一项随机对照研究(NCT03827915)计划纳入 100 例患者,评估标准为电复律失败两次的房颤患者使用 dual-DCCV 是否优于第三次标准电复律,该研究预计将患者随机分为接受 dual-DCCV 组和接受第三次标准电复律组,主要研

究终点是比较两组的房颤转复成功率。但 dual-DCCV 常作为多次电击失败的一种备用方案^[30,32],正在进行的另外两项研究则拓展了 dual-DCCV 的适用人群。其中一项随机对照双盲研究(NCT03943693)将评价 dual-DCCV 作为初始电复律方案对预期转复成功率低的房颤患者的有效性及安全性,这些患者的基线特征包括:肥胖、慢性阻塞性肺疾病、睡眠呼吸暂停、左心房增大和射血分数降低等。另一项随机对照研究(NCT04539158)旨在评估在肥胖人群中将 dual-DCCV 作为初始治疗策略的有效性及其安全性。相信这些研究会为 dual-DCCV 在临床上的应用积累更多可靠的证据,并提供更为丰富的电复律方式。

6 电复律参考流程

“渥太华房颤电复律方案”(the Ottawa AF cardioversion protocol, OAFCP)为房颤电复律提供了一套参考流程,包括以下四个步骤:(1)使用可粘贴式电极片在前后位置以 200 J 能量电击;(2)如果复律失败,则将电极片调整为前外侧位置,并且使用除颤仪手柄向电极片施加压力,再次以 200 J 能量电击;(3)若仍不成功,则将能量提高到 360 J 进行电击;(4)若以上步骤均失败则由主管医生决定是否继续进行电复律^[25]。Ramirez 等^[25]开展的这项前瞻性队列研究,共纳入 889 例房颤患者(OAFCP 组 500 例,非 OAFCP 组 389 例),主要比较两组房颤的转复成功率。结果显示 OAFCP 流程可将房颤电复律成功率提高至 99.2%,而非 OAFCP 的流程成功率为 91.8%,多因素分析显示 OAFCP 流程是电复律成功的独立预测因素。此外,OAFCP 组并无严重并发症发生。OAFCP 方案从电复律程序出发,考虑了除颤波类型、能量大小、电极板位置和电极板加压在内的各种因素,提供了一套高效、易行和安全的电复律方案,未来需更多的临床研究验证其效果。值得注意的是,OAFCP 中步骤四仍缺乏客观和统一的处理策略,那些严格执行 OAFCP 前三项步骤转复均失败的患者是否选择再次电击,是否采用 dual-DCCV,是否放弃转复策略,值得进一步深入研究。

7 抗心律失常药预处理

使用抗心律失常药预处理可提高房颤电复律的成功率^[33]。目前最佳的抗心律失常药尚不清楚,选择抗心律失常药时需充分考虑患者的基础疾病和药物作用特点等因素。在持续性房颤患者中使用氟卡尼和普罗帕酮预处理效果欠佳^[34-35]。早期的研究虽然显示了伊布利特可增加房颤电复律的成功率^[36],但该研究存在样本量较少等局限性,故该药在改善电复律结局上需积累更多的临床证据。维纳卡兰作为Ⅲ类

抗心律失常药,能阻断钠离子通道和多种钾离子通道。Müssigbrodt 等^[6]比较了使用维纳卡兰与胺碘酮预处理对电复律的效果。研究纳入 63 例电复律失败的房颤患者,所有患者再次电复律前分别接受两种药物预处理,结果显示维纳卡兰组的电复律成功率高于胺碘酮组(66.7% vs 46.7%),这表明在电复律失败的房颤患者中使用维纳卡兰后再次电复律可增加复律成功率,可能优于胺碘酮。Simon 等^[37]报道了在阵发性房颤患者中使用维纳卡兰预处理后电复律成功率为 98.4%(63/64)。上述两项研究提示维纳卡兰可作为提高房颤电复律成功率的有效药物,但均属于观察性研究且纳入患者数目较少,未来需随机对照试验进一步证实使用维纳卡兰预处理后对房颤电复律的影响。关于胺碘酮对房颤电复律影响的研究证据较多,各研究纳入的人群包括持续性房颤^[38]、新发或阵发性房颤^[39]。一项荟萃分析^[40]纳入 8 项随机对照研究,共 1 012 例房颤患者,结果显示胺碘酮预处理组的房颤转复成功率显著高于无预处理组,各自的成功率分别为 80%和 65%,且未明显增加不良反应。需说明的是,在该荟萃分析纳入的原始研究中,使用胺碘酮预处理的剂量为每天 200~800 mg,累计时间为 1~6 周,故提高电复律成功率所需胺碘酮预处理的累计剂量仍需进一步探索。总之,房颤电复律前选择合适的抗心律失常药进行预处理也应是优化电复律方案中的关键环节之一。

8 小结

电复律是房颤节律管理策略中一种简单且有效的手段,房颤电复律方案的确定应结合患者的临床特征,从有效性和安全性两方面考量。尽管当下研究无法确定最优化的电复律方案,但基于目前证据,采用双相波、最大固定能量(360 J-360 J-360 J)、合适的电极板位置、MPA(80 N)和抗心律失常药预处理有助于提高房颤电复律成功率,而对于多次电击失败和预期转复成功率低的房颤患者,可尝试使用 dual-DCCV。临床实践中还可参考 OAFCP 的推荐流程,这些都为电复律方案的制定提供了方向。未来,对于如何制定出精确的个体化电复律方案需深入的研究。

参 考 文 献

- [1] Kirchhof P, Camm AJ, Goette A, et al. Early rhythm-control therapy in patients with atrial fibrillation[J]. *N Engl J Med*, 2020, 383(14): 1305-1316.
- [2] Zhang YY, Qiu C, Davis PJ, et al. Predictors of progression of recently diagnosed atrial fibrillation in REgistry on Cardiac Rhythm DisORDers Assessing the Control of Atrial Fibrillation (RecordAF)-United States cohort[J]. *Am J Cardiol*, 2013, 112(1): 79-84.
- [3] Hindricks G, Potpara T, Dagres N, et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association of Cardio-Thoracic Surgery (EACTS)[J]. *Eur Heart J*, 2021, 42(5): 373-498.
- [4] Hernández-Madrid A, Svendsen JH, Lip GY, et al. Cardioversion for atrial fibrillation in current European practice: results of the European Heart Rhythm Association survey[J]. *Europace*, 2013, 15(6): 915-918.
- [5] Pisters R, Nieuwlaar R, Prins MH, et al. Clinical correlates of immediate success and outcome at 1-year follow-up of real-world cardioversion of atrial fibrillation: the Euro Heart Survey[J]. *Europace*, 2012, 14(5): 666-674.
- [6] Müsiggbrodt A, John S, Kosiuk J, et al. Vernakalant-facilitated electrical cardioversion: comparison of intravenous vernakalant and amiodarone for drug-enhanced electrical cardioversion of atrial fibrillation after failed electrical cardioversion[J]. *Europace*, 2016, 18(1): 51-56.
- [7] Neumann T, Erdogan A, Reiner C, et al. Ambulatory electrocardioversion of atrial fibrillation by means of biphasic versus monophasic shock delivery. A prospective randomized study[J]. *Z Kardiol*, 2004, 93(5): 381-387.
- [8] Mittal S, Ayati S, Stein KM, et al. Transthoracic cardioversion of atrial fibrillation: comparison of rectilinear biphasic versus damped sine wave monophasic shocks[J]. *Circulation*, 2000, 101(11): 1282-1287.
- [9] Alatawi F, Gurevitz O, White RD, et al. Prospective, randomized comparison of two biphasic waveforms for the efficacy and safety of transthoracic biphasic cardioversion of atrial fibrillation[J]. *Heart Rhythm*, 2005, 2(4): 382-387.
- [10] Schmidt AS, Lauridsen KG, Adelborg K, et al. Cardioversion efficacy using pulsed biphasic or biphasic truncated exponential waveforms: a randomized clinical trial[J]. *J Am Heart Assoc*, 2017, 6(3): e004853.
- [11] Deakin CD, Connelly S, Wharton R, et al. A comparison of rectilinear and truncated exponential biphasic waveforms in elective cardioversion of atrial fibrillation: a prospective randomized controlled trial[J]. *Resuscitation*, 2013, 84(3): 286-291.
- [12] Inácio JF, da Rosa Mdos S, Shah J, et al. Monophasic and biphasic shock for transthoracic conversion of atrial fibrillation: systematic review and network meta-analysis[J]. *Resuscitation*, 2016, 100: 66-75.
- [13] Lavignasse D, Trendafilova E, Dimitrova E, et al. Cardioversion of atrial fibrillation and flutter: comparative study of pulsed vs. low energy biphasic truncated exponential waveforms[J]. *J Atr Fibrillation*, 2019, 12(3): 2172.
- [14] Boos C, Thomas MD, Jones A, et al. Higher energy monophasic DC cardioversion for persistent atrial fibrillation: is it time to start at 360 joules? [J]. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 2003, 8(2): 121-126.
- [15] Boodhoo L, Mitchell AR, Bordoli G, et al. DC cardioversion of persistent atrial fibrillation: a comparison of two protocols[J]. *Int J Cardiol*, 2007, 114(1): 16-21.
- [16] Schmidt AS, Lauridsen KG, Torp P, et al. Maximum-fixed energy shocks for cardioverting atrial fibrillation[J]. *Eur Heart J*, 2020, 41(5): 626-631.
- [17] Alp NJ, Rahman S, Bell JA, et al. Randomised comparison of antero-lateral versus antero-posterior paddle positions for DC cardioversion of persistent atrial fibrillation[J]. *Int J Cardiol*, 2000, 75(2-3): 211-216.
- [18] Kirchhof P, Eckardt L, Loh P, et al. Anterior-posterior versus anterior-lateral electrode positions for external cardioversion of atrial fibrillation: a randomised trial[J]. *Lancet*, 2002, 360(9342): 1275-1279.
- [19] Siaplaouras S, Buob A, Rötter C, et al. Randomized comparison of anterolateral versus anteroposterior electrode position for biphasic external cardioversion of atrial fibrillation[J]. *Am Heart J*, 2005, 150(1): 150-152.
- [20] Zhang B, Li X, Shen D, et al. Anterior-posterior versus anterior-lateral electrode position for external electrical cardioversion of atrial fibrillation: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Arch Cardiovasc Dis*, 2014, 107(5): 280-290.
- [21] Chen CJ, Guo GB. External cardioversion in patients with persistent atrial fibrillation: a reappraisal of the effects of electrode pad position and transthoracic impedance on cardioversion success[J]. *Jpn Heart J*, 2003, 44(6): 921-932.

- [22] Ramirez FD, Fiset SL, Cleland MJ, et al. Effect of applying force to self-adhesive electrodes on transthoracic impedance; implications for electrical cardioversion [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2016, 39(10): 1141-1147.
- [23] Sadek MM, Chaugai V, Cleland MJ, et al. Association between transthoracic impedance and electrical cardioversion success with biphasic defibrillators; an analysis of 1 055 shocks for atrial fibrillation and flutter [J]. *Clin Cardiol*, 2018, 41(5): 666-670.
- [24] Voskoboinik A, Moskovich J, Plunkett G, et al. Cardioversion of atrial fibrillation in obese patients; results from the cardioversion-BMI randomized controlled trial [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2019, 30(2): 155-161.
- [25] Ramirez FD, Sadek MM, Boileau I, et al. Evaluation of a novel cardioversion intervention for atrial fibrillation; the Ottawa AF cardioversion protocol [J]. *Europace*, 2019, 21(5): 708-715.
- [26] Squara F, Elbaum C, Garret G, et al. Active compression versus standard anterior-posterior defibrillation for external cardioversion of atrial fibrillation. A prospective randomized study [J]. *Heart Rhythm*, 2021, 18(3): 360-365.
- [27] Gardner MW, Yadava M, Raitt MH, et al. Effectiveness of dual external direct current cardioversion for initial cardioversion in atrial fibrillation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2019, 30(9): 1636-1643.
- [28] Saliba W, Juratli N, Chung MK, et al. Higher energy synchronized external direct current cardioversion for refractory atrial fibrillation [J]. *J Am Coll Cardiol*, 1999, 34(7): 2031-2034.
- [29] Bjerregaard P, El-Shafei A, Janosik DL, et al. Double external direct-current shocks for refractory atrial fibrillation [J]. *Am J Cardiol*, 1999, 83(6): 972-974.
- [30] Kabukcu M, Demircioglu F, Yanik E, et al. Simultaneous double external DC shock technique for refractory atrial fibrillation in concomitant heart disease [J]. *Jpn Heart J*, 2004, 45(6): 929-936.
- [31] Chang AK, Lent GS, Grinberg D. Double-dose external cardioversion for refractory unstable atrial fibrillation in the ED [J]. *Am J Emerg Med*, 2008, 26(3): 381-383.
- [32] Alaeddini J, Feng Z, Feghali G, et al. Repeated dual external direct cardioversions using two simultaneous 360-J shocks for refractory atrial fibrillation are safe and effective [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2005, 28(1): 3-7.
- [33] Toso E, Iannaccone M, Caponi D, et al. Does antiarrhythmic drugs premedication improve electrical cardioversion success in persistent atrial fibrillation? [J]. *J Electrocardiol*, 2017, 50(3): 294-300.
- [34] Bianconi L, Mennuni M, Lukic V, et al. Effects of oral propafenone administration before electrical cardioversion of chronic atrial fibrillation; a placebo-controlled study [J]. *J Am Coll Cardiol*, 1996, 28(3): 700-706.
- [35] Climent VE, Marin F, Mainar L, et al. Effects of pretreatment with intravenous flecainide on efficacy of external cardioversion of persistent atrial fibrillation [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2004, 27(3): 368-372.
- [36] Oral H, Souza JJ, Michaud GF, et al. Facilitating transthoracic cardioversion of atrial fibrillation with ibutilide pretreatment [J]. *N Engl J Med*, 1999, 340(24): 1849-1854.
- [37] Simon A, Niederdoeckl J, Janata K, et al. Vernakalant and electrical cardioversion for AF—Safe and effective [J]. *Int J Cardiol Heart Vasc*, 2019, 24: 100398.
- [38] Singh SN, Tang XC, Reda D, et al. Systematic electrocardioversion for atrial fibrillation and role of antiarrhythmic drugs; a substudy of the SAFE-T trial [J]. *Heart Rhythm*, 2009, 6(2): 152-155.
- [39] Crijns HJ, Weijs B, Fairley AM, et al. Contemporary real life cardioversion of atrial fibrillation; results from the multinational RHYTHM-AF study [J]. *Int J Cardiol*, 2014, 172(3): 588-594.
- [40] Um KJ, McIntyre WF, Healey JS, et al. Pre- and post-treatment with amiodarone for elective electrical cardioversion of atrial fibrillation; a systematic review and meta-analysis [J]. *Europace*, 2019, 21(6): 856-863.

收稿日期: 2021-02-04

(上接第 803 页)

- [14] Gibbs MA, Leedekerken JB, Littmann L. Evolution of our understanding of the aVR sign [J]. *J Electrocardiol*, 2019, 56: 121-124.
- [15] Wagener M, Abächerli R, Honegger U, et al. Diagnostic and prognostic value of lead aVR during exercise testing in patients suspected of having myocardial ischemia [J]. *Am J Cardiol*, 2017, 119(7): 959-966.
- [16] Jain V, Das S, Bhatia K, et al. Utility of exercise-induced ST-segment elevation in lead aVR for detecting left main or proximal left anterior descending disease [J]. *Am J Cardiol*, 2021, 144: 150-151.
- [17] Russo G, Ravenna SE, de Vita A, et al. Exercise test predictors of severe coronary artery disease; role of ST-segment elevation in lead aVR [J]. *Clin Cardiol*, 2017, 40(2): 102-108.
- [18] Iida T, Tanimura F, Takahashi K, et al. Electrocardiographic characteristics associated with in-hospital outcome in patients with left main acute coronary syndrome; for contriving a new risk stratification score [J]. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 2018, 7(3): 200-207.
- [19] Lipinski MJ, Mattu A, Brady WJ. Evolving electrocardiographic indications for emergent reperfusion [J]. *Cardiol Clin*, 2018, 36(1): 13-26.
- [20] Riera ARP, Ferreira C, Ferreira Filho C, et al. Clinical value of lead aVR [J]. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 2011, 16(3): 295-302.
- [21] Kosuge M, Uchida K, Imoto K, et al. Prognostic value of ST-segment elevation in lead aVR in patients with type A acute aortic dissection [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2015, 65(23): 2570-2571.
- [22] Habash F, Albashaireh A, Madmani ME, et al. ST segment elevation and depressions in supraventricular tachycardia without coronary artery disease [J]. *Case Rep Cardiol*, 2018, 13: 2716312.
- [23] Lin Y, Xiong D, Wang F, et al. Diffuse ST segment depression and ST segment elevation in lead aVR and V₁ by left circumflex artery occlusion [J]. *J Electrocardiol*, 2019, 54: 10-12.
- [24] Saxena A, Sabharwal N, Topi B, et al. Cardiac arrest due to critical stenosis of a bicuspid aortic valve mimicking left main coronary artery occlusion on ECG [J]. *BMJ Case Rep*, 2018, 2018: bcr2018225307.
- [25] Ruiz-Mateos B, Almendro-Delia M, Nunez-Gil IJ, et al. Elevation of ST-segment in aVR is predictive of cardiogenic shock but not of multivessel disease in inferior myocardial infarction [J]. *J Electrocardiol*, 2020, 58: 63-67.
- [26] Yamamoto M, Witsch T, Kubota S, et al. Diagnostic value of lead aVR in electrocardiography for identifying acute coronary lesions in patients with out-of-hospital cardiac arrest [J]. *Resuscitation*, 2019, 142: 97-103.
- [27] Zhao YT, Zhou H, Shi R, et al. Total occlusion of the left main coronary artery presenting as ST-elevation myocardial infarction [J]. *J Electrocardiol*, 2018, 51(3): 479-480.

收稿日期: 2021-02-02