

· 新进展 ·

心电图技术在慢性阻塞性肺疾病并肺源性心脏病中的应用进展

扫描二维码
查看更多杨浩毅^{1,2}, 吕晋琳³, 向呈浩¹, 赵航⁴作者单位: 1.671000云南省大理州大理市, 大理大学临床医学院 2.671600云南省大理州, 宾川县人民医院功能科
3.671000云南省大理州大理市, 大理大学第一附属医院老年病科 4.161006黑龙江省齐齐哈尔市, 齐齐哈尔医学院附属第二医院肾脏内科

通信作者: 吕晋琳, E-mail: 627054950@qq.com

【摘要】 慢性阻塞性肺疾病(COPD)是一种临床常见的呼吸系统疾病,常并发肺源性心脏病(PHD),故早期诊断COPD并评估其严重程度非常重要。心电图技术可以反映心脏形态、功能改变,故对很多心脏病具有提示作用。本文主要综述了心电图、动态心电图、心电散点图、心电向量图及频谱心电图在COPD并PHD中的应用进展,以期COPD并PHD的诊治提供一定参考。

【关键词】 肺疾病,慢性阻塞性;肺源性心脏病;心电图描记术;综述

【中图分类号】 R 563.9 R 541.5 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2024.00.042

Application Progress of Electrocardiogram Technology in COPD Complicated with Pulmonary Heart Disease

YANG Haoyi^{1,2}, LYU Jinlin³, XIANG Chenghao¹, ZHAO Hang⁴

1.School of Clinical Medicine, Dali University, Dali 671000, China

2.Department of Functions, Binchuan County People's Hospital, Dali 671600, China

3.Department of Geriatrics, the First Affiliated Hospital of Dali University, Dali 671000, China

4.Department of Nephrology, the Second Affiliated Hospital of Qiqihar Medical College, Qiqihar 161006, China

Corresponding author: LYU Jinlin, E-mail: 627054950@qq.com

【Abstract】 Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is a common clinical respiratory disease, which is often complicated with pulmonary heart disease (PHD). Therefore, it is very important to diagnose COPD early and evaluate its severity. Electrocardiogram technology can reflect the changes of heart morphology and function, so it has a suggestive effect on many heart diseases. This article mainly reviews the application progress of electrocardiogram, dynamic electrocardiogram, electrocardiogram scatter plot, vectorcardiogram and spectrum electrocardiogram in COPD complicated with PHD, in order to provide some reference for the diagnosis and treatment of COPD complicated with PHD.

【Key words】 Pulmonary disease, chronic obstructive; Pulmonary heart disease; Electrocardiography; Review

慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)是一种肺部异质性表达的状态,以咳、痰、喘、呼吸困难等慢性呼吸道症状为主要特征^[1]。多数COPD患者长期且反复处于缺氧状态,呼吸道症状急剧恶化,肺循环阻力增高到某一阈值后常出现肺动脉高压(pulmonary hypertension, PH),PH若未得到及时、有效诊疗,心脏负担加重会并发肺源性心脏病(pulmonary heart disease, PHD)、右心衰竭等;此外,随着COPD病情加重,患者肺动脉压力增高,进而出现心脏结构改变〔如右心室肥大(right ventricular hypertrophy, RVH)〕及功能改变(心律失常)。因此,早期诊断COPD并评估其严重程度非常重要^[2],而心电图技术可以反映心脏形态、功能改变。本文旨在综述心电图技术在COPD并PHD中的应用进展。

1 COPD导致PHD的机制

PHD多是由COPD患者长期缺氧出现PH后引起的心肺共病,缺氧是肺中小动脉内皮功能紊乱、胃肠道功能紊乱的诱因,机体缺氧时肺脏各级动脉急剧痉挛,内皮细胞释放大一氧化氮、内皮素1,进而导致肺血管重塑、肺血管横截面积缩小及呼吸肌负荷增加,引起大量清蛋白分解、前列环素合酶表达下调,致使肺功能损伤、肺血管阻力逐渐增加^[3-4]。因此,肺血管重塑对COPD患者肺动脉压改变具有重要作用。COPD患者的PH会增加右心负荷,导致PHD,甚至引发右心衰竭。据统计,80%的COPD会发展为PHD,而PHD又与心力衰竭住院有关^[5-6]。但COPD发展为PHD的过程比较缓慢,可经历代偿期和失代偿期两个阶段,临床上常以RVH、PH等病理表现区分上述两个阶段^[7]。

2 心电图技术在COPD并PHD中的应用

2.1 心电图在COPD并PHD中的应用

目前,COPD并PHD的诊断依据主要是患者的主诉、

病史、临床表现及影像学检查结果。心电图是临床常用的心血管疾病诊断技术，具有操作简单、方便快捷、无创、价格低廉等优势，使用率较高，特别是用于疾病筛查及预后评估，但其诊断COPD并PHD的灵敏度不高^[8]，为60.1%~88.2%^[9]，特异度较高^[10]。按照中国PHD的诊断标准，心电图检查必须存在以下任意一项才能确诊为PHD：（1）额面平均心电图轴 $\geq +90^\circ$ ；（2）顺钟向转位 ≥ 1 ；（3）严重顺钟向转位 ≤ 1 ；（4） $(RV_1+SV_5) \geq 1.05$ mV；（5）aVR导联R/S或R/Q ≥ 1 ；（6）除心肌梗死外， $V_1 \sim V_3$ 导联呈QS、Qr或qr型；（7）肺型P波（P波电压 ≥ 0.22 mV）^[9]。

2.1.1 心电图P波

心电图P波代表心房除极活动，临床上根据P波形态结合患者病史推断疾病，如“高尖P波”常见于PH、PHD、先天性心脏病患者^[11]。近年研究发现，心电图P波可以预测COPD患者死亡风险，如P波异常时COPD患者死亡风险较高^[12]。此外，心电图P电轴垂直化与COPD密切相关，多位学者认为，COPD及PHD患者肺长期处于膨胀状态，右心房通过下腔静脉周围致密的心包韧带牢固地附着在横膈膜上，且随着横膈肌逐渐变平，右心房向下扭曲、移位，导致P波向量出现明显的向右偏移（垂直化）^[13-18]。研究表明，P波向量与COPD、PHD患者第1秒用力呼气容积呈负相关，而下肺叶或基底段肺气肿似乎是心电图P电轴垂直化程度和肺功能质量的主要决定因素之一^[19]。P波离散度是研究P波的另一个方向，CELIK等^[20]、CAGLAR等^[21]研究发现，COPD患者由于右心房压力增加、内径增大，心房除极时间延长，并出现心房电机械延迟现象，导致最长P波时限（P-wave maximum-time, Pmax）和最短P波时限（P-wave minimum-time, Pmin）差值增大，从而导致P波离散度增加，提示COPD患者预后不佳。

2.1.2 心电图ST-T段及 T_{p-e} 间期

研究表明，多数无其他并发症的COPD并PHD患者心电图可出现ST-T段改变，分析原因可能为：患者长期缺氧，心肌对氧气的需求量增加，出现包括高碳酸血症、低氧血症等在内的内环境紊乱，造成心肌缺血、心肌损伤、心脏复极异常，从而出现ST-T段缺血性改变^[22]，而胸闷、胸痛缓解或服用扩血管药物后ST-T段缺血性改变减轻，甚至恢复基线水平^[23]。PANIKKATH等^[24]、SYROMYATNIKOVA等^[25]、VAN DEN BERG等^[26]研究表明， T_{p-e} 间期延长与心源性猝死密切相关。

2.1.3 心电图QT间期

心电图QT间期指整个心室除极和复极的总时间， QT_c 间期是校正心率后的QT间期，可反映心脏去极化和复极作用，二者均对恶性心律失常和心源性猝死具有预测作用；此外，QT间期或 QT_c 间期还对COPD及PHD患者发生PH具有预测作用^[27]。COPD患者气道阻塞、肺过度通气会间接影响QT间期^[28]，既往研究表明，COPD严重程度与QT间期呈正相关^[29-33]。VAN OEKELLEN等^[33]使用Fridericia公式校正QT间期并获得了 QT_c 间期，结果显示，约11%QT间期延长的COPD

患者会发生急性加重。此外，LAI等^[34]、SIEVI等^[35]、赵莉等^[36]、聂春根等^[37]研究表明，COPD并PHD患者长期心脏负担重，QT离散度可作为其发生心律失常的预测指标，且校正QT离散度 ≥ 48 ms时患者死亡风险升高^[38]。因此，心电图QT间期可为COPD并PHD患者心脏损伤程度评估提供参考。

2.2 动态心电图（dynamic electrocardiogram, DCG）在COPD并PHD中的应用

DCG起源于20世纪60年代初，其可弥补心电图时程短的弊端，可捕捉偶发心律失常、阵发性心房颤动等异常心电图信号波段^[39]。研究表明，DCG技术对COPD并PHD患者ST段压低或抬高的电生理现象具有较高的特异度^[40]。

2.2.1 心率变异性（heart rate variability, HRV）、心率震荡（heart rate turbulence, HRT）

HRV属于DCG的线性指标，可评估机体自主神经功能，特别是窦房结自主神经功能，其包括时域指标〔如24 h窦性R-R间期的标准差（standard deviation of all normal to normal intervals, SDNN）、5 min窦性R-R间期标准差的均值（standard deviation of average 5 min NN intervals, SDANN）、相邻RR间期差值 >50 ms占比（percentage of RR intervals differing more than 50 ms from the preceding one, pNN50）〕和频域指标〔如高频谱功率（high frequency power, HF）、低频谱功率（low frequency power, LF）〕。研究表明，PHD患者存在的缺氧与高碳酸血症可影响其心肌收缩功能及颈动脉窦、主动脉体化学感受器，导致交感神经系统兴奋，反射性地增加儿茶酚胺分泌量，破坏交感-迷走神经平衡，并引起HRV降低^[41]，具体表现为SDNN、SDANN、相邻窦性R-R间期差值均方根（square root of the mean of the differences between adjacent normal RR intervals, rMSSD）、pNN50、HF、LF降低^[42-45]。邵克锐等^[46]研究表明，HRV对PHD具有一定预测作用。

研究表明，HRT与恶性心脏事件的发生密切相关，其中震荡斜率（turbulence slope, TS）、震荡初始（turbulence onset, TO）、动态心率震荡（turbulence dynamics, TD）是评估慢性心力衰竭危险分层及预后的重要指标^[47-51]。吴文芳^[52]、王月文等^[42]、袁冬梅^[53]研究结果显示，PHD患者TD、TO明显升高，而TS明显降低，提示HRT对COPD并PHD患者发生心脏恶性事件具有一定预测价值。

2.2.2 心率减速力（deceleration capacity of rate, DC）

DC是通过24 h心率的整体趋向性分析和减速能力的测定，定量评估受检者迷走神经张力，进而筛选和预警猝死高危患者的一种新的无创心电技术^[54]。王兴德等^[55]、黄佐贵等^[56]、冯伟等^[57]、张佳琪^[58]研究发现，COPD、PHD患者DC呈降低趋势，DC能有效区分迷走神经与交感神经的活跃程度^[59]，特别是合并室性心律失常和/或心力衰竭的患者。DC降低说明迷走神经活跃度下降，猝死风险升高。RIZAS等^[60]研究发现，短期DC对心血管疾病发生风险的预测能力优于其他短期HRV指标。

2.3 心电散点图在COPD并PHD中的应用

随着DCG技术不断发展，各类心电散点图出现并应用于

临床, 进而提高了临床疾病的诊断正确率。Lorenz散点图又称为Poincaré散点图, 其是运用非线性混沌学原理分析DCG中繁多的心电数据RR间期序列, 以图形形式分析结果呈现在二维平面坐标系中, 故又称为二维Lorenz散点图^[61-62]; 通过进一步排布推导, 将二维平面向立体空间延伸得到三维Lorenz散点图^[61]。二维Lorenz散点图是通过图形、数量、B线斜率等为心律失常的诊断提供依据, 而三维Lorenz散点图是在二维Lorenz散点图及RR间期差值散点图的基础上, 具有特有的“空间”优势, 除去标准面xoy面及yoz面外, 沿y轴观察的xoz面散点图形总体上与空间等速线对称; xyz面是沿空间等速线观察的散点图形, 与二维RR间期差值散点图有相似之处, 能反映相邻RR间期的规律^[61, 63-64]。研究表明, 多数COPD、PHD患者存在心律失常, 如心房颤动、频发室性期前收缩等, Lorenz散点图显示的心律失常多呈复杂形、扇形、鱼雷形, 其长宽均明显缩短, 且宽大尾部形态不清楚或消失^[65], 且散点图上的偏离于“棒球拍状”主图的各区“梭形”或不规律的“树枝状分叉”即为心脏期前收缩投影点, 可通过观察其大小、数量及范围评估心律失常严重程度。COPD、PHD患者散点图“窦律点”上的非线性HRV指标可反映自主神经张力, 如矢量长度指数 (vector length index, VLI)、矢量角度指数 (vector angle index, VAI)、散点图长度、散点图离散度、垂直标准差、水平标准差、长轴、短轴等。张建勇等^[66]研究指出, 针对COPD并PHD患者, Lorenz散点图可以直观、定量地分析其HRV指标, 其中VLI、VAI等明显降低, 提示COPD并PHD患者心脏自主神经功能受损。因此, Lorenz散点图对COPD并PHD患者心功能不全具有一定评估价值。

2.4 心电向量图 (vectorcardiogram, VCG) 在COPD并PHD中的应用

VCG是一种常用的心功能检查方法, 与心电图仅能反映两个电极的电位差不同, 其可以准确显示人体心脏的三维空间; 此外, 与超声心动图价格昂贵不同, VCG价格较低且同样能很好地显示心脏结构改变^[67-69]。既往研究表明, 与心电图相比, VCG能更准确地诊断早期PHD患者的右心室肥厚与扩张^[7, 70-74]。VCG诊断PHD患者右心室肥厚的条件如下〔(1)~(2)为主要条件, (6)~(7)为辅助条件〕^[75]: (1) 横面QRS环向前面积+向右面积>总面积的70%; (2) 横面QRS环向右后面积>总面积的20%; (3) 横面QRS环最大向量方位>20° 或<-90°; (4) 额面QRS环在右下面积或右上面积>总面积的20%; (5) QRS环右向力>1.0 mV, 右向力/左向力比值>1; (6) 最大P向量>0.18 mV (横面或右侧面), 横面P环呈顺时针转向; (7) 横面QRS环呈顺时针方向运行, 最大角度>110°, 右向力≥左向力。李倩等^[7]研究发现, 早期PHD患者伴有轻度RVH时, 心电图仅表现为V₁~V₃、V₅导联QRS波群呈RS型 (顺钟向转位), VCG显示最大横面QRS向量环转到右侧且尚居左下, 投影在心电图I导联上的R/S仍然≥1, 提示不同PHD患者的横面QRS环转向不同, RVH类型及其严重程度可能不同。因此, VCG记录轻中度COPD和PHD患者心脏空间向量的准确度较高, 能更好地显示心脏激动顺序及瞬间电位变化, 反映心

房和心室激动顺序及空间改变情况。

2.5 频谱心电图 (frequency-domain electrocardiogram, FCG) 在COPD并PHD中的应用

FCG又称为频域心电图、心电频谱图、心电频域相关图, 是临床上用来反映心电功率谱变化情况的新的检查方法。虽然FCG与心电图同源于心电信号, 但其能提供时间域、空间域和频率域信息。研究表明, FCG高、低频成分下降考虑心肌缺血所致, 其对COPD及其重要并发症PHD和/或呼吸衰竭具有一定诊断价值, 且可以定位PHD患者心肌缺血部位^[21, 76]。

3 小结

心脏导管术是目前临床上诊断PHD的“金标准”, 其能有效评估心功能, 但属于侵入性检查, 可能引发血液凝集, 且存在造影剂后肾损伤、动脉损伤等并发症发生风险^[77]。近年来随着心电图技术不断发展, 其因准确、安全、直观而备受临床工作者关注, 其中心电图、DCG、VCG、FCG、Lorenz散点图对COPD并PHD具有一定诊断价值; 此外, 信号平均心电图、心室晚电位已被证实与COPD并PHD无相关性^[78-79], 时间RR间期散点图 (t-RR散点图)、RR间期差值散点图、心电瀑布图等应用在COPD并PHD中的应用仍有待进一步探索。

作者贡献: 杨浩毅进行文章的构思与设计, 撰写论文; 向呈浩进行文章的可行性分析, 论文的修订; 向呈浩、赵航负责文献收集、整理; 吕晋琳负责文章的质量控制及审核, 并对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] AGUSTÍ A, CELLI B R, CRINER G J, et al. Global initiative for chronic obstructive lung disease 2023 report: gold executive summary [J]. *Eur Respir J*, 2023, 61 (4): 2300239. DOI: 10.1183/13993003.00239-2023.
- [2] 谭颖, 宋氏妍, 王珺, 等. 慢性阻塞性肺疾病早期诊断方法的研究进展 [J]. *实用心脑血管病杂志*, 2019, 27 (7): 9-11. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2019.07.002.
- [3] 朱茂治. 慢性阻塞性肺疾病急性加重期患者近期预后的影响因素研究 [J]. *实用心脑血管病杂志*, 2018, 26 (6): 42-44. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2018.06.011.
- [4] MATSUOKA S, WASHKO G R, DRANSFIELD M T, et al. Quantitative CT measurement of cross-sectional area of small pulmonary vessel in COPD: correlations with emphysema and airflow limitation [J]. *Acad Radiol*, 2010, 17 (1): 93-99. DOI: 10.1016/j.acra.2009.07.022.
- [5] HUANG H, SHAN K Z, CAI M, et al. "Yiqi Huayu, Wenyang Lishui" prescription (YHWLP) improves the symptoms of chronic obstructive pulmonary disease-induced chronic pulmonary heart disease by inhibiting the RhoA/ROCK signaling pathway [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2021, 2021: 6636426. DOI: 10.1155/2021/6636426.
- [6] OMOTE K, SORIMACHI H, OBOKATA M, et al. Pulmonary vascular disease in pulmonary hypertension due to left heart disease: pathophysiologic implications [J]. *Eur Heart J*, 2022, 43 (36): 3417-3431. DOI: 10.1093/eurheartj/ehac184.

- [7] 李倩, 沈林, 方妍, 等.心电图向量图与常规心电图对慢性肺源性心脏病患者临床诊疗价值 [J] .山西医药杂志, 2016, 45 (22) : 2643-2645.DOI: 10.3969/j.issn.0253-9926.2016.22.017.
- [8] 张永祥, 滑少华, 袁清茹.超声心动图与双源CT在先天性心脏病术前诊断中的应用分析 [J] .中国CT和MRI杂志, 2018, 16 (5) : 77-80.DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2018.05.024.
- [9] 葛均波, 徐永健, 王辰.内科学 [M] .9版.北京: 人民卫生出版社, 2018.
- [10] HUANG J, DANG F L. Analysis of inducing factors of chronic pulmonary heart disease caused by chronic obstructive pulmonary disease at high altitude through epidemiological investigation under intelligent medicine and big data [J] . J Healthc Eng, 2022, 2022: 2612074.DOI: 10.1155/2022/2612074.
- [11] 王芳, 喻钧伦.肺源性心脏病心功能失代偿期暂时性喜马拉雅P波一例分析 [J] .实用心脑血管病杂志, 2017, 25 (6) : 83-84.DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2017.06.021.
- [12] KAZIBWE R, AHMAD M I, LUQMAN-ARAFAT T K, et al. Relationship between abnormal P-wave axis, chronic obstructive pulmonary disease and mortality in the general population [J] . J Electrocardiol, 2023, 79: 100-107.DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2023.03.085.
- [13] BALJEPALLY R, SPODICK D H. Electrocardiographic screening for emphysema: the frontal plane P axis [J] . Clin Cardiol, 1999, 22 (3) : 226-228.DOI: 10.1002/clc.4960220313.
- [14] CHHABRA L, SAREEN P, GANDAGULE A, et al. Computerized tomographic quantification of chronic obstructive pulmonary disease as the principal determinant of frontal P vector [J] . Am J Cardiol, 2012, 109 (7) : 1046-1049.DOI: 10.1016/j.amjcard.2011.11.036.
- [15] CHHABRA L, SPODICK D H. Transient super-himalayan P-waves in severe pulmonary emphysema [J] . J Electrocardiol, 2012, 45 (1) : 26-27.DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2011.07.016.
- [16] HUTCHISON D C. Pulmonary emphysema [J] . BMJ Clin Res Ed, 1994, 309 (6964) : 1244-1245.DOI: 10.1136/bmj.309.6964.1244.
- [17] SPODICK D H. Pulmonary emphysema: classic, quasi-diagnostic ECG [J] . Am J Geriatr Cardiol, 2006, 15 (3) : 193.DOI: 10.1111/j.1076-7460.2006.05072.x.
- [18] THOMAS A J, APIYASAWAT S, SPODICK D H. Electrocardiographic detection of emphysema [J] . Am J Cardiol, 2011, 107 (7) : 1090-1092.DOI: 10.1016/j.amjcard.2010.11.039.
- [19] AKTÜRK F, BİYİK I, KOCAŞ C, et al. The role of electrocardiography in evaluation of severity of chronic obstructive pulmonary disease in daily clinical practice [J] . Tuberk Toraks, 2013, 61 (1) : 38-42.DOI: 10.5578/tt.4101.
- [20] CELIK Y, YILDIRIM N, DEMIR V, et al. Atrial electromechanical delay and P wave dispersion associated with severity of chronic obstructive pulmonary disease [J] . Afr Health Sci, 2021, 21 (1) : 140-149.DOI: 10.4314/ahs.v21i1.19.
- [21] CAGLAR I M, DASLI T, TURHAN CAGLAR F N, et al. Evaluation of atrial conduction features with tissue Doppler imaging in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J] . Clin Res Cardiol, 2012, 101 (8) : 599-606.DOI: 10.1007/s00392-012-0431-7.
- [22] 陈范元, 顾琴芳.慢性阻塞性肺疾病患者频谱心电图测定的临床意义 [J] .上海医学, 2000, 23 (5) : 306-307.DOI: 10.3969/j.issn.0253-9934.2000.05.019.
- [23] HASLER E D, SAXER S, SCHNEIDER S R, et al. Effect of breathing oxygen-enriched air on exercise performance in patients with chronic obstructive pulmonary disease: randomized, placebo-controlled, cross-over trial [J] . Respiration, 2020, 99 (3) : 213-224.DOI: 10.1159/000505819.
- [24] PANIKKATH R, REINIER K, UY-EVANADO A, et al. Prolonged Tpeak-to-tend interval on the resting ECG is associated with increased risk of sudden cardiac death [J] . Circ Arrhythm Electrophysiol, 2011, 4 (4) : 441-447.DOI: 10.1161/CIRCEP.110.960658.
- [25] SYROMYATNIKOVA T N, OBIKHOVA T V, GOLOVSKOY B V, et al. Predictors of sudden cardiovascular death in patients with chronic obstructive pulmonary disease with connective tissue dysplasia [J] . Klin Med, 2016, 94 (4) : 270-275.
- [26] VAN DEN BERG M E, STRICKER B H, BRUSSELLE G G, et al. Chronic obstructive pulmonary disease and sudden cardiac death: a systematic review [J] . Trends Cardiovasc Med, 2016, 26 (7) : 606-613.DOI: 10.1016/j.tcm.2016.04.001.
- [27] ARMSTRONG H F, LOVASI G S, SOLIMAN E Z, et al. Lung function, percent emphysema, and QT duration: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) lung study [J] . Respir Med, 2017, 123: 1-7.DOI: 10.1016/j.rmed.2016.12.003.
- [28] ALTER P, WATZ H, KAHNERT K, et al. Effects of airway obstruction and hyperinflation on electrocardiographic axes in COPD [J] . Respir Res, 2019, 20 (1) : 61.DOI: 10.1186/s12931-019-1025-y.
- [29] 宋薇, 张强, 娜合木古丽·阿依达尔汗, 等.慢性阻塞性肺疾病急性加重患者的QTc延长与住院风险的相关分析 [J] . 中国卫生统计, 2021, 38 (4) : 585-588.DOI: 10.3969/j.issn.1002-3674.2021.04.028.
- [30] COSGUN A, OREN H, TURKKANI M H. The relationship between systolic pulmonary arterial pressure and Tp-e interval, Tp-e/QT, and Tp-e/QTc ratios in patients with newly diagnosed chronic obstructive pulmonary disease [J] . Ann Noninvasive Electrocardiol, 2020, 25 (3) : e12691.DOI: 10.1111/anec.12691.
- [31] MEHTA R, GREEN M, PATEL B, et al. Concentration-QT analysis of the randomized, placebo- and moxifloxacin-controlled thorough QT study of umecclidinium monotherapy and umecclidinium/vilanterol combination in healthy subjects [J] . J Pharmacokinetic Pharmacodyn, 2016, 43 (2) : 153-164.DOI: 10.1007/s10928-015-9461-x.
- [32] NILSSON U, KANERUD I, DIAMANT U B, et al. The prevalence of prolonged QTc increases by GOLD stage, and is associated with worse survival among subjects with COPD [J] . Heart Lung, 2019, 48 (2) : 148-154.DOI: 10.1016/j.hrtlng.2018.09.015.
- [33] VAN OEKELLEN O, VERMEERSCH K, EVERAERTS S, et al. Significance of prolonged QTc in acute exacerbations of COPD

- requiring hospitalization [J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2018, 13: 1937-1947. DOI: 10.2147/COPD.S157630.
- [34] LAI Y N, DENARDO A, NIRANJAN S, et al. Increased QT dispersion is associated with reduced overall survival in patients with acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Hosp Pract*, 2017, 45 (5): 253-257. DOI: 10.1080/21548331.2017.1375373.
- [35] SIEVI N A, CLARENBACH C F, CAMEN G, et al. High prevalence of altered cardiac repolarization in patients with COPD [J]. *BMC Pulm Med*, 2014, 14: 55. DOI: 10.1186/1471-2466-14-55.
- [36] 赵莉, 王晨霞, 高智耀. 慢性肺源性心脏病并发心律失常患者C反应蛋白与QT离散度的分析 [J]. *河北医学*, 2016, 22 (6): 923-925. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6233.2016.06.015.
- [37] 聂春根, 白冲. 慢性阻塞性肺病、慢性肺心病患者QT离散度的临床价值 [J]. *赣南医学院学报*, 2004, 24 (2): 174-175. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5779.2004.02.025.
- [38] 苏建, 程燕雯, 杜辛歌, 等. 慢性阻塞性肺疾病急性加重期患者心电图表现及其与患者生存状况的关系研究 [J]. *实用心脑血管病杂志*, 2017, 25 (12): 45-48. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2017.12.012.
- [39] LI J S. International clinical practice guideline of Chinese medicine: chronic obstructive pulmonary disease [J]. *World J Tradit Chin Med*, 2020, 6 (1): 39. DOI: 10.4103/wjtc.wjtc_9_20.
- [40] 夏旭辉, 尹琼, 刘曼华, 等. 单导联长时程心电图在慢性心力衰竭患者心脏节律特点分析中的应用价值 [J]. *实用心脑血管病杂志*, 2020, 28 (12): 100-103, 108. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2020.12.018.
- [41] METELKA R. Heart rate variability: current diagnosis of the cardiac autonomic neuropathy. A review [J]. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 2014, 158 (3): 327-338. DOI: 10.5507/bp.2014.025.
- [42] 王月文, 王婷, 孙更新, 等. 动态心电图对慢性肺源性心脏病的诊断价值分析 [J]. *现代生物医学进展*, 2017, 17 (36): 7128-7131. DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2017.36.030.
- [43] 叶文静, 高晓雅, 任伟. 112例肺心病患者心率变异性分析 [J]. *河西学院学报*, 2020, 36 (5): 44-46. DOI: 10.13874/j.cnki.62-1171/g4.2020.05.009.
- [44] 张芝辉, 袁艳珍, 王雪梅, 等. 心率变异性在肺源性心脏病中作用的探讨 [J]. *实用临床医学*, 2011, 12 (9): 15-16, 18. DOI: 10.3969/j.issn.1009-8194.2011.09.007.
- [45] ALQAHTANI J S, ALDHAHIR A M, ALGHAMDI S M, et al. A systematic review and meta-analysis of heart rate variability in COPD [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2023, 10: 1070327. DOI: 10.3389/fcvm.2023.1070327.
- [46] 邵克锐, 何华琴. 心率变异性对慢性肺源性心脏病猝死的预测价值 [J]. *实用心脑血管病杂志*, 2014, 22 (2): 59-60. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2014.02.030.
- [47] 王春光, 张志华. 肺源性心脏病患者HRV、HRT和DC分析 [J]. *河北医科大学学报*, 2017, 38 (3): 336-339. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3205.2017.03.021.
- [48] 王红芹. 平板心电图与动态心电图对冠心病诊断价值的Meta分析 [J]. *实用医学杂志*, 2017, 33 (5): 823-826. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5725.2017.05.040.
- [49] 武莉莉, 王健. 慢性肺源性心脏病心律失常的临床特点及处理 [J]. *临床和实验医学杂志*, 2011, 10 (3): 170-171. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4695.2011.03.005.
- [50] KUDRYŃSKI K, STRUMIŁŁO P, RUTA J. Computer software tool for heart rate variability (HRV), T-wave alternans (TWA) and heart rate turbulence (HRT) analysis from ECGs [J]. *Med Sci Monit*, 2011, 17 (9): MT63-71. DOI: 10.12659/msm.881919.
- [51] POREBA M, POREBA R, GAĆ P, et al. Heart rate variability and heart rate turbulence in patients with hematologic malignancies subjected to high-dose chemotherapy in the course of hematopoietic stem cell transplantation [J]. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 2014, 19 (2): 157-165. DOI: 10.1111/anec.12108.
- [52] 吴文芳. 动态心电图对慢性肺源性心脏病的诊断效果分析 [J]. *中国医疗器械信息*, 2020, 26 (2): 70-71. DOI: 10.15971/j.cnki.cmdi.2020.02.037.
- [53] 袁冬梅. 动态心电图对慢性肺源性心脏病的诊断价值 [J]. *中国医疗器械信息*, 2021, 27 (13): 55, 181. DOI: 10.15971/j.cnki.cmdi.2021.13.024.
- [54] ZHAO R F, LI D, ZUO P, et al. Influences of age, gender, and circadian rhythm on deceleration capacity in subjects without evident heart diseases [J]. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 2015, 20 (2): 158-166. DOI: 10.1111/anec.12189.
- [55] 王兴德, 蒋兆华, 陈彬, 等. 老年慢性阻塞性肺疾病伴室性心动过速患者的心率减速力分析 [J]. *实用老年医学*, 2015, 29 (5): 365-367. DOI: 10.3969/j.issn.1003-9198.2015.05.005.
- [56] 黄佐贵, 李晓华, 杜国伟, 等. 心率减速力对肺心病心力衰竭患者的预警研究 [J]. *中国心血管病研究*, 2013, 11 (11): 869-872. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5301.2013.11.012.
- [57] 冯伟, 黄佐贵, 杜国伟, 等. 肺心病心衰伴室性心律失常患者的HRT与预后 [J]. *临床心电学杂志*, 2017, 26 (3): 184-188. DOI: 10.3969/j.issn.1005-0272.2017.03.006.
- [58] 张佳琪. 西宁地区肺心病患者DC与右心室Tei指数的相关性研究 [D]. 西宁: 青海大学, 2016.
- [59] BAUER A, KANTELHARDT J W, BARTHEL P, et al. Deceleration capacity of heart rate as a predictor of mortality after myocardial infarction: cohort study [J]. *Lancet*, 2006, 367 (9523): 1674-1681. DOI: 10.1016/S0140-6736(06)68735-7.
- [60] RIZAS K D, EICK C, DOLLER A J, et al. Bedside autonomic risk stratification after myocardial infarction by means of short-term deceleration capacity of heart rate [J]. *Europace*, 2018, 20 (F11): f129-136. DOI: 10.1093/europace/eux167.
- [61] 李方洁. 心电散点图的重要概念、名词术语及其内涵 [J]. *实用心电学杂志*, 2015, 24 (3): 153-157. DOI: 10.13308/j.issn.2095-9354.2015.03.001.
- [62] 陈灵敏, 吴晓羽. Lorenz散点图的基本特征与临床研究进展 [J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2019, 11 (10): 1277-1278, 1280. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2019.10.34.
- [63] 景永明. 三维Lorenz散点图的解析策略 [J]. *实用心电学杂志*, 2020, 29 (4): 229-237. DOI: 10.13308/j.issn.2095-9354.2020.04.001.
- [64] 景永明, 胡敏, 向晋涛. 心电三维RR间期散点图的概念、原理及其优势 [J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2016, 30

- (5): 458-463.DOI: 10.13333/j.cnki.cjpe.2016.05.023.
- [65] 刘婷婷, 马兰, 章富君, 等.二维和三维心电散点图在HRV分析中的价值 [J].临床心电学杂志, 2022, 31(2): 92-97. DOI: 10.3969/j.issn.1005-0272.2022.02.005.
- [66] 张建勇, 杨春丽.慢性肺源性心脏病25例心率变异性分析 [J].遵义医学院学报, 2003, 26(1): 47-48, 50. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2715.2003.01.022.
- [67] BULUR S, HSIUNG M C, NANDA N C, et al.Incremental value of live/real time three-dimensional transthoracic echocardiography over the two-dimensional technique in assessing carcinoid heart disease involving the aortic valve [J].Echocardiography, 2016, 33(11): 1741-1744. DOI: 10.1111/echo.13371.
- [68] TISSERA G, PISKORZ D, CITTA L, et al.Morphologic and functional heart abnormalities associated to high modified tei index in hypertensive patients [J].High Blood Press Cardiovasc Prev, 2016, 23(4): 373-380. DOI: 10.1007/s40292-016-0167-y.
- [69] 李春山.心电图向量图入门 [M].乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2012.
- [70] 李倩, 沈林, 方妍, 等.肺心病心电图向量图P环诊断的探讨及其临床应用分析 [J].解放军预防医学杂志, 2019, 37(7): 128-129. DOI: 10.13704/j.cnki.jyyx.2019.07.060.
- [71] 任淑珍, 王春光, 要彤, 等.心电图向量图对慢性阻塞性肺疾病肺动脉高压的诊断价值 [J].现代中西医结合杂志, 2016, 25(18): 2035-2037. DOI: 10.3969/j.issn.1008-8849.2016.18.036.
- [72] 王晋云.慢性肺源性心脏病心电图改变的特点分析 [J].实用心电学杂志, 2009, 18(1): 28-29. DOI: 10.13308/j.issn.1008-0740.2009.01.043.
- [73] PAN D Z, LIU R G, REN S Z, et al.Prediction of pulmonary arterial hypertension in chronic obstructive lung disease from three-dimensional vectorcardiographic parameters [J].Ann Noninvasive Electrocardiol, 2016, 21(3): 280-286. DOI: 10.1111/anec.12305.
- [74] SIMS SANYAHUMBI A, SABLE C A, KARLSTEN M, et al.Task shifting to clinical officer-led echocardiography screening for detecting rheumatic heart disease in Malawi, Africa [J].Cardiol Young, 2017, 27(6): 1133-1139. DOI: 10.1017/S1047951116002511.
- [75] TONELLI A R, BAUMGARTNER M, ALKUKHUN L, et al.Electrocardiography at diagnosis and close to the time of death in pulmonary arterial hypertension [J].Ann Noninvasive Electrocardiol, 2014, 19(3): 258-265. DOI: 10.1111/anec.12125.
- [76] 张彦锋.冠心病诊断中频谱心电图、心电图、心电图向量图的应用价值 [J].心理月刊, 2019, 14(16): 170. DOI: 10.19738/j.cnki.psy.2019.16.154.
- [77] 刘永太, 田庄, 郭潇潇, 等.肺高压患者行右心导管检查及急性肺血管扩张试验的安全性 [J].中国心血管杂志, 2012, 17(4): 252-255. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5410.2012.04.004.
- [78] BUZEA C A, DAN G A, DAN A R, et al.Role of signal-averaged electrocardiography and ventricular late potentials in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J].Rom J Intern Med, 2015, 53(2): 133-139. DOI: 10.1515/rjim-2015-0018.
- [79] YILDIZ P, TUKEK T, AKKAYA V, et al.Ventricular arrhythmias in patients with COPD are associated with QT dispersion [J].Chest, 2002, 122(6): 2055-2061. DOI: 10.1378/chest.122.6.2055.
- (收稿日期: 2023-08-10; 修回日期: 2024-01-13)
(本文编辑: 谢武英)

(上接第134页)

- [40] 中国痴呆与认知障碍诊治指南写作组, 中国医师协会神经内科医师分会认知障碍疾病专业委员会.2018中国痴呆与认知障碍诊治指南(三): 痴呆的认知和功能评估 [J].中华医学杂志, 2018, 98(15): 1125-1129. DOI: 10.3760/ema.j.issn.0376-2491.2018.15.002.
- [41] 何娟丽.不同衰弱评估工具对老年住院患者不良事件预测效果比较 [D].乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2022.
- [42] 范佳薇.五种衰弱评估工具对老年结肠癌患者术后不良结局的预测效能比较 [D].苏州: 苏州大学, 2022.
- [43] 李万军, 李智鹏, 王万卿, 等.显微手术对脑胶质瘤患者血清因子、认知功能及日常生活能力的影响 [J].癌症进展, 2022, 20(13): 1369-1372. DOI: 10.11877/j.issn.1672-1535.2022.20.13.19.
- [44] KIRKMAN M A, EKERT J O, HUNN B H M, et al.A systematic review of cognitive interventions for adult patients with brain tumours [J].Cancer Med, 2023, 12(10): 11191-11210. DOI: 10.1002/cam4.5760.
- [45] 石婧, 沈干, 于普林.老年人认知和社会心理衰弱 [J].中国临床保健杂志, 2022, 25(6): 762-766. DOI: 10.3969/J.issn.1672-6790.2022.06.010.
- [46] 朱明月, 李峥.认知衰弱研究热点与发展趋势分析 [J].护士进修杂志, 2022, 37(22): 2102-2106. DOI: 10.16821/j.cnki.hsjx.2022.22.017.
- [47] YUAN M Q, XU C H, FANG Y.The transitions and predictors of cognitive frailty with multi-state Markov model: a cohort study [J].BMC Geriatr, 2022, 22(1): 550. DOI: 10.1186/s12877-022-03220-2.
- [48] QURESHI H M, TABOR J K, PICKENS K, et al.Frailty and postoperative outcomes in brain tumor patients: a systematic review subdivided by tumor etiology [J].J Neurooncol, 2023, 164(2): 299-308. DOI: 10.1007/s11060-023-04416-1.
- [49] 中国康复医学会科技管理与评估委员会, 中国抗衰老促进会康复分会, 中华医学会物理医学与康复学分会康复评定学组, 等.认知衰弱康复中国专家共识2023 [J].中国医刊, 2023, 58(9): 949-953. DOI: 10.3969/j.issn.1008-1070.2023.09.007.
- (收稿日期: 2023-09-12; 修回日期: 2024-01-06)
(本文编辑: 崔丽红)