

指南与共识

平板运动试验辅助诊断长 QT 综合征规范操作中国专家共识 2026

亚洲心律学会 中国医药教育协会心电学专业委员会

摘要

长 QT 综合征是一类以心室复极异常为特征的遗传性心脏离子通道病,部分携带致病性或可能致病性基因变异的患者在静息状态下 QT/校正 QT 间期可表现为正常或临界值。参考国内外相关指南、专家共识和研究,结合中国平板运动试验的临床实践,国内专家提出了平板运动试验辅助诊断长 QT 综合征规范操作的适应证、检查方法和诊断标准,制定了《平板运动试验辅助诊断长 QT 综合征规范操作中国专家共识 2026》。该共识旨在推动临床中平板运动试验辅助诊断与鉴别诊断长 QT 综合征中的规范操作,进一步强调平板运动试验在长 QT 综合征中的诊断和疗效评估中的临床应用价值。

关键词 长 QT 综合征;平板运动试验;QT 间期;校正 QT 间期;专家共识

2026 Chinese Expert Consensus on Standard Operating Procedures of Treadmill Exercise Testing for Auxiliary Diagnosis of Long QT Syndrome

Asia Heart Rhythm Association, Electrophysiology Professional Committee of China Medicine Education Association

Co-corresponding Authors: FAN Xiaohan, Email: fanxiaohan@fuwaihospital.org; HONG Kui, Email: hongkui88@163.com;

YAO Yan, Email: ianyao@263.net.cn

Abstract

Long QT syndrome is a genetic cardiac ion channel disease characterized by ventricular repolarization abnormalities. QT/ corrected QT (QTc) intervals may be normal or present with borderline changes at rest in some patients carrying pathogenic or potentially pathogenic gene variations. Based on domestic and international guidelines, expert consensus, researches, and the use of treadmill exercise testing in clinical practice in China, Chinese experts established this consensus on standard operating procedures of treadmill exercise testing for auxiliary diagnosis of long QT syndrome. This Chinese expert consensus proposes the indications, examination procedure, and diagnostic criteria for standardized performance of treadmill exercise testing for auxiliary diagnosis of long QT syndrome. The consensus aimed to promote standardized clinical practices of treadmill exercise tests for the auxiliary diagnosis and differential diagnosis of long QT syndrome, emphasizing the clinical value of treadmill exercise tests in diagnosing and assessing the therapeutic efficacy of long QT syndrome.

Key words: long QT syndrome; treadmill exercise testing; QT interval; corrected QT interval; expert consensus

Funding: Artificial Intelligence and Information Technology Application Fund of Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences (2024-AI28); National High Level Hospital Clinical Research Funding (2022-GSP-GG-14)

(Chinese Circulation Journal, 2026, 41: 114.)

长 QT 综合征 (LQTS) 是一类以心室复极异常为特征的遗传性心脏离子通道病,发病率约为 1/5 000~1/2 000,发病年龄可涵盖从婴儿至老年各阶段,是导致心源性猝死的重要原因之一^[1]。其病因主要为编码离子通道蛋白的基因突变,导致心电图 QT

间期延长、T 波形态异常,易诱发尖端扭转型室性心动过速 (TdP)、心室颤动等恶性心律失常^[2-5]。

在排除获得性 QT 间期延长因素后,若具备以下任一条件,即可诊断为 LQTS^[6]:(1) 多次 12 导联心电图检查校正 QT (QTc) 间期 ≥ 480 ms, 伴或不

伴症状, 或 LQTS 诊断评分 > 3 分; (2) 检出明确的致病性基因突变, 无论 QTc 间期是否延长; (3) 患者有晕厥病史, 且无获得性 QT 间期延长因素时, 重复 12 导联心电图 QTc 间期 ≥ 470 ms (男性) 或 ≥ 480 ms (女性)。

临床上 LQTS 的诊断评分常采用基于静息心电图、临床表现及家族史的 Schwartz 评分标准(表 1)^[7]。大量研究发现, 部分携带致病性或可能致病性基因变异的患者在静息状态下 QT/QTc 间期可呈正常或临界值。平板运动试验在 Schwartz 评分处于可疑或静息 QT 间期临界的患者中, 具有重要的辅助诊断价值^[8]。该试验通过动态评估静息、峰值心率时、恢复期的 QTc 间期变化, 以及运动过程中是否出现室性心动过速等表现, 进而提高 LQTS 的检出率与诊断准确性。

表 1 改良 Schwartz 评分^[7]

诊断依据	分值(分)
心电图表现	
QTc 间期	
≥ 480 ms	3.0
460~479 ms	2.0
450~459 ms (男性)	1.0
≥ 480 ms 运动试验恢复期 4 min	1.0
尖端扭转型室性心动过速	2.0
T 波交替	1.0
T 波切迹(3 个导联以上)	1.0
静息心率低于正常 2%	0.5
临床表现	
晕厥	
紧张引起	2.0
非紧张引起	1.0
家族史	
家族成员中有确诊的 LQTS 患者	1.0
直系亲属中有 <30 岁不明原因心源性猝死	0.5

注: QTc: 校正 QT; LQTS: 长 QT 综合征。

目前已报道与 LQTS 相关的致病或可能致病基因共有 17 个, 其中 11 个被确认为证据确切的致病基因^[9], 包括 *KCNQ1*、*KCNH2*、*SCN5A*、*CALM1~3*、*TRDN*、*KCNE1*、*KCNE2*、*KCNJ2* 和 *CACNA1C*。然而, LQTS 基因检测仍存在一定局限性, 如检测灵敏度不足、检测成本较高及部分基因变异临床意义不明确等。对于基因检测阴性但具有典型临床表型的患者, 是否应进一步筛查新的致病基因, 尚未见一致结论。近年来, 平板运动试验在 LQTS 诊断中的价值日益凸显而备受关注。刘方等^[10]

将平板运动试验应用于我国 LQTS 患者, 结果表明平板运动试验恢复期 4 min QTc 间期 ≥ 482 ms 诊断 LQTS 的特异性达到 100%, 该结论与国际公认的 Schwartz 评分标准中平板运动试验恢复期 4 min QTc 间期 ≥ 480 ms 具有良好一致性。有临床研究报道发现恢复期 4 min QTc 间期 ≥ 445 ms 预测 LQTS 的总体准确度为 93%, 灵敏度为 94%, 特异度为 90%^[11], 在国人研究中诊断特异度是 90%^[9]。由此说明平板运动试验在国人 LQTS 临床诊断中具有较高的价值。

目前《平板运动试验临床规范应用的中国专家共识》主要针对冠心病心肌缺血^[12], 未纳入各时间段 QT/QTc 间期的测量。常规的平板运动器械操作流程中无常规心电图 QT/QTc 间期的测量流程和工具, 且缺乏针对 LQTS 患者进行平板运动试验检查的规范化流程。国内部分中心开展了平板运动试验辅助诊断 LQTS, 但是存在操作不统一、判断标准差异大等问题, 难以充分发挥其临床价值。因此, 由中国医学科学院阜外医院牵头, 在亚洲心律学会和中国医药教育协会心电学专业委员会支持下, 组织全国 21 个省市 32 家中心的 53 位遗传性心律失常和心电领域的专家开展共识拟定工作。撰写组通过参考国际 LQTS 专项研究及国内多个中心实践开展检查数据奠定的循证工作基础完成共识初稿, 历经多轮意见征集、集体论证、修订完善后的多轮讨论确定, 最终形成《平板运动试验辅助诊断 LQTS 规范操作中国专家共识 2026》。该共识清晰界定患者筛选标准与平板运动试验的标准操作流程和辅助诊断 LQTS 结论, 附带针对性危急预案, 为规范临床操作、保证受检者安全、提升判断准确性等提供规范, 以期推广和指导平板运动试验在 LQTS 临床诊疗中的应用。本专家共识中的推荐强度分级见表 2。

表 2 本专家共识中的推荐强度分级

推荐级别	定义	推荐用语
I	有证据证明和已达成共识该治疗或操作有益、有用、有效	推荐
II	对于该治疗或操作的有用/有效性存在矛盾的证据或意见分歧	
II a	支持有用/有效性的证据/意见权重高	应当考虑
II b	支持有用/有效性的证据/意见较欠缺	可以考虑

1 平板运动试验辅助诊断 LQTS 的适应证与禁忌证

1.1 适应证

患者首次发病年龄在 40 岁以下, 且有表 3 中的相关情况^[7-8, 13-16]。

表 3 平板运动试验辅助诊断 LQTS 的适应证

适应证	专家建议
临床疑诊为 LQTS 但 Schwartz 评分为 1.5~3.0 分 ^[7]	推荐
有 LQTS 家族史及晕厥史, 无论静息心电图 QTc 间期是否延长 ^[7, 13]	推荐
LQTS 家系成员的筛查, 无论静息心电图 QTc 间期是否延长 ^[7, 13]	应当考虑
LQTS 患者治疗后的疗效评价, 如药物治疗、左心交感神经切断术等 ^[14-15]	应当考虑
对于 QTc 间期位于临界范围的患者(女性 QTc 间期 460~479 ms, 男性 QTc 间期 450~469 ms), 如果合并晕厥或心悸等临床症状, 且常规检查难以明确诊断 ^[8, 16]	可以考虑
排除其他病因后, QTc 间期正常但有不明原因晕厥病史的患者	可以考虑
间歇出现 QTc 间期延长的患者	可以考虑

注: LQTS: 长 QT 综合征; QTc: 校正 QT。

国外 18 岁以下青少年平板运动试验检查的文献^[13, 16-17]显示平均年龄 9~13 岁, 最小年龄 8 岁^[16, 18]。由于 8 岁以下目标心率太高, 不建议行平板运动试验。因此本共识的下限年龄建议在 8 岁, 8~14 岁之间的青少年如果需要该项检查, 建议到有经验的中心进行。通常不设置上限年龄, 70 岁以上建议临床评估受检者身体状态和运动能力再确定是否进行检查。

1.2 禁忌证

1.2.1 有平板运动试验禁忌证的患者^[12]

1.2.1.1 绝对禁忌证

(1) 急性心肌梗死(2 周内)或高危的不稳定性心绞痛;(2) 未控制的伴有症状或血液动力学障碍的恶性心律失常;(3) 重度主动脉瓣狭窄;(4) 急性或严重的慢性心力衰竭;(5) 急性肺栓塞及下肢深静脉血栓;(6) 活动性心内膜炎、急性心肌炎、心包炎;(7) 急性主动脉夹层;(8) 高栓塞风险的心腔内血栓;(9) 植入起搏器患者, 存在起搏器电池耗竭、起搏功能异常及起搏器心动过速发作等情况时;(10) 明确诊断为 LQTS 且已记录到恶性心律失常的患者。

1.2.1.2 相对禁忌证

(1) 左冠状动脉主干严重狭窄;(2) 中度狭窄的瓣膜性心脏病;(3) 电解质紊乱(低钾血症、低镁血症和高钙血症);(4) 严重高血压[收缩压 > 200 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)和(或)舒张压 > 110 mmHg];(5) 快速性或缓慢性心律失常(心率 > 125 次/min 或 < 35 次/min);(6) 肥厚型心肌病或其他形式的流出道梗阻;(7) 精神或身体异常不能运动;(8) 高度及以上房室阻滞或希氏束远端阻滞;(9) 活动性出血;(10) 严重贫血。

1.2.2 近期服用影响 QT 间期的药物

排除延长 QTc 间期的继发性因素, 如延长 QTc 间期的药物(Ia 和 III 类抗心律失常药、大环内酯类

和喹诺酮类抗生素、胃肠动力药、抗过敏药、膀胱动力药、一些抗抑郁和抗精神病药及抗肿瘤药等)。影响 QT 间期的药物参考 LQTS 相关用药网站(<https://www.crediblemeds.org/>)。

1.2.3 受检者拒绝行运动试验

2 平板运动试验辅助诊断 LQTS 的设备与药品准备

(1) 实验室设施: 房间宽敞明亮, 室内通风良好, 环境安静舒适, 室温、湿度适宜, 温度及湿度过高或过低均可影响运动耐力。(2) 设备准备: 定期进行性能校准, 确保平板运动设备功能完好, 连接心电图监测系统, 确保信号的稳定性与准确性。(3) 急救设备准备: 配备心除颤仪、吸氧装置、简易呼气器、转运床, 以及心肺复苏所需的其他相关物品等急救设备, 并确保其处于随时可用状态。(4) 急救药品准备: 准备必要的急救药品, 包括静脉注射用硫酸镁和氯化钾、静脉用 β 受体阻滞剂, 及其他常用抢救药物等。

3 平板运动试验辅助诊断 LQTS 的人员配备

操作团队应由至少 1 名抢救经验丰富医师、1 名心电图技师及 1 名护士组成。团队成员需熟练掌握 LQTS 平板运动试验的操作流程、心电图判读技能, 具备心肺复苏等急救处理能力。

4 平板运动试验前准备

4.1 受检者准备

平板运动试验应在餐后 2 h 进行, 期间禁止吸烟、饮酒以及饮用浓茶、咖啡、可乐等兴奋性饮料。试验前 12 h 内应避免进行剧烈体育活动, 并确保受检者在试验前至少安静休息 10 min, 以确保体力平稳。受检者运动中着宽松棉质上衣。β 受体阻滞剂对低于 90 次/min 的心率 QTc 间期影响不大, 高于 100 次/min 的心率影响差异有统计学意义^[19]。应该根据临床情况确定检测前是否停用 β 受体阻滞剂。如果是初次辅助诊断 LQTS, 平板运动试验应该在停用 β 受体阻滞剂 5 个半衰期以上再进行检查, 如果是评估 β 受体阻滞剂疗效, 应该在继续服用 β 受体阻滞剂的基础上进行平板运动试验。

4.2 签署知情同意书

在平板运动试验前, 需向受检者及其家属详细说明试验的目的、流程、潜在风险及注意事项, 确保其充分理解试验的风险与可能获益。经充分沟通后, 受检者本人或授权的家属应签署知情同意书, 确认自愿接受该项检查。

5 平板运动试验操作流程

5.1 方案选择

采用标准 Bruce 方案^[20]或改良 Bruce 方案^[21]

进行分级负荷运动试验(表 4、5)。

表 4 Bruce 方案^[20]

分级 (级)	速度 [(km/h)/(mph)]	坡度 (度)	时间 (min)	代谢当量 (METs)
1	2.7/1.7	10	3	4
2	4.0/2.5	12	3	7
3	5.4/3.4	14	3	9
4	6.7/4.2	16	3	13
5	8.0/5.0	18	3	16
6	8.8/5.5	20	3	19
7	9.6/6.0	22	3	22

表 5 改良 Bruce 方案^[21]

分级 (级)	速度 [(km/h)/(mph)]	坡度 (度)	时间 (min)	代谢当量 (METs)
1	2.7/1.7	0	3	2
2	2.7/1.7	5	3	3
3	2.7/1.7	10	3	5
4	4.0/2.5	12	3	7
5	5.4/3.4	14	3	10
6	6.7/4.2	16	3	13
7	8.0/5.0	18	3	16

目标心率选择次极量心率 = (220 - 年龄) × 85%。

5.2 试验过程

(1) 皮肤处理及电极连接:75% 的酒精纱布擦拭皮肤,待干燥后,用砂纸轻轻打磨后将电极片中心对准打磨好的皮肤位置贴好。按照 Mason-Likar 导联体系连接电极。

(2) 佩戴血压袖带,把袖带套入上臂肘横纹上 2~3 cm 处,感应装置应对准肱动脉搏动感最强处,松紧度以能够插入 1~2 个手指为宜。采集卧位、坐位、立位血压。

(3) 采集受检者静息卧位、坐位、立位 3 个体位的 12 导联心电图。每个体位需等待受检者心率平稳后方可留取心电图。采集心电图要求:走纸速度 50~100 mm/s,12 导联心电图,以备后期 QT 间期测量。

(4) 嘱受检者站在平板跑台,双手轻握前横杆,保持身体稳定,放松心情,随着跑台的运行节奏向前行走,上半身尽量保持直立状态,上肢放松。运动的每一阶段递增前提醒受检者运动速度与坡度的变化,并嘱受检者如在运动过程中感觉到任何不适(如胸闷、胸痛、头晕等),及时告知操作者。

(5) 开始运动:整个过程中持续监测心电图、心率,每 3 min 记录 1 次血压变化,密切观察受检者临床症状、运动耐受、心电图中心电图 QT 间期、ST 段、

T 波的变化,及是否出现心律失常等情况。

(6) 受检者达目标心率或出现不耐受情况,或者出现试验终止指征,应该立即停机,并留取峰值 12 导联心电图。

(7) 受检者运动停止后进入恢复期,至少观察恢复期 6 min,监测受检者心率血压等情况。恢复期 1~6 min 的每分钟节点留取 1 张 12 导联心电图,共 6 次。6 min 后受检者无不适,可结束检查,若受检者出现任何不适,应继续监测并及时处理,必要时留取心电图,直到患者症状消失再结束检查。

(8) 如果患者在运动试验中出现下述终止指征或者异常心电图现象,应该即刻留取当时 12 导联心电图并停止运动试验,并在随后观察时间根据临床症状多次留取 12 导联心电图记录出现的心律失常情况,如果心律失常消失则继续恢复期每分钟节点留取 1 张 12 导联心电图,直到受检者无不适或转送急诊就诊离开时。

5.3 平板运动试验终止指征

5.3.1 绝对终止指征

(1) 运动中随负荷增加,但收缩压较基础血压水平下降超过 10 mmHg,并伴随其他心肌缺血的征象;(2) 中 - 重度心绞痛;(3) 增多的神经系统症状(例如共济失调、眩晕、近似晕厥状态);(4) 低灌注表现(紫绀或苍白);(5) 出现室性心动过速、心室颤动、二度或三度房室阻滞或其他恶性心律失常;(6) 无诊断意义 Q 波的导联上出现 ST 段抬高(>0.1 mV)除 V₁ 或 aVR 导联以外其他导联出现严重 ST 段压低:下斜型或水平型压低 >0.3 mV;(7) 受试者要求终止。

5.3.2 相对终止指征

(1) T 波电交替;(2) 运动中负荷增加,但收缩压较基础血压水平下降超过 10 mmHg,不伴随其他心肌缺血的征象;(3) ST 段或 QRS 波群电轴改变,例如 ST 段过度压低(水平型或下斜型压低 >0.2 mV),上斜型压低 >0.3 mV 或显著的电轴偏移;(4) 除持续性室性心动过速之外的心律失常,包括多源性室性早搏,室性早搏二联律或三联律,室上性心动过速,心脏阻滞或心动过缓;(5) 受检者出现心悸、头晕、胸痛、呼吸困难、下肢痉挛、跛行等不能耐受的症状;(6) 束支阻滞或非特异性室内传导异常与室性心动过速无法鉴别;(7) 胸痛增加;(8) 高血压反应[收缩压 >220 mmHg 和(或)舒张压 >110 mmHg]。

6 平板运动试验中紧急情况处理

当患者在运动中或运动恢复期出现下列紧急情况

况时,应立即终止运动试验,注意防止发生跌倒或外伤,将受检者平卧于硬板床或地面,按照应急方案进行抢救处理。本共识仅强调 LQTS 相关的应急处理。

6.1 血液动力学不稳定的 Tdp 的处理

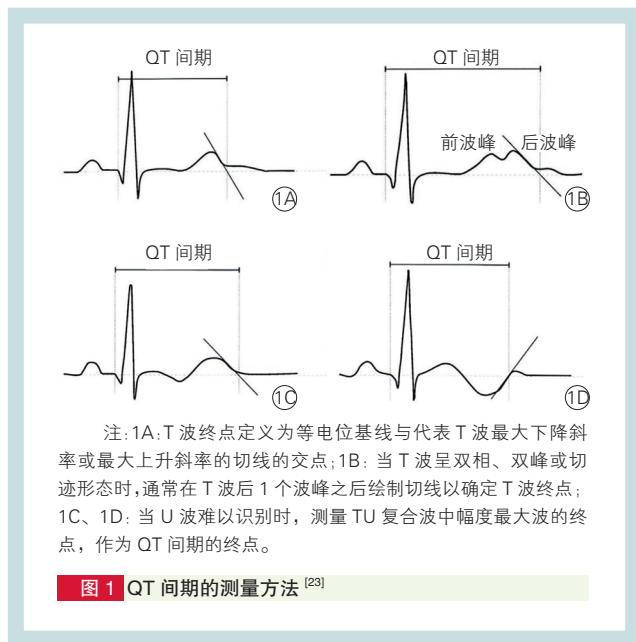
若出现意识丧失、低血压、休克等表现,立即予非同步直流电复律(起始能量 100~200 J,根据情况调整),并呼叫医学急救团队。注意 Tdp 时禁用肾上腺素。

6.2 其他处理

血液动力学尚稳定的 Tdp、室性心动过速、心脏骤停、心室扑动/心室颤动处理:参照《2022 年欧洲心脏病学会室性心律失常管理与预防猝死指南》^[6]或《2020 室性心律失常中国专家共识(2016 共识升级版)》^[22]。心肌缺血相关的应急处理请参照《平板运动试验临床规范应用的中国专家共识》^[12]。

7 平板运动试验的数据测量与分析

7.1 QT 间期测量(图 1)



QT 间期由两位检测人员手动测量,一般应用 50 mm/s 或 100 mm/s 的纸速测量,建议应用 100 mm/s 的纸速。建议在检测时先用纸速为 25 mm/s 描记心电图,回看时调整为 100 mm/s 的纸速进行测量,也可以直接调整纸速描记。当两位检测人员 QT 间期差值 < 15 ms 时接受该 QT 间期测量值;若 QT 间期差值 ≥ 15 ms 时,由第 3 位质量控制人员再次进行测量,若 QT 间期差值 < 15 ms 时,则使用第 3 位质量控制人员完成的测量值^[23]。QT 间期定义为 QRS 波群开始到 T 波结束。如果 T 波末端不明确,则使用切线法(图

1)^[13,24-25],并且在测量中排除 U 波,除非 U 波大于 T 波幅度的 25%;QT 间期测量应该在心电图 II 和 V₅ 导联上进行^[11,24,26-27],如果有干扰,可以在 V₂、V₃ 导联进行测量。采用稳定 RR 间期下 3 个连续 QT 间期的平均值^[27]。至少测量静息状态卧位、坐位、立位、运动峰值和恢复期 1 min 与 4 min 6 个时间点的 QT 间期。

7.2 QTc 间期计算

使用 Bazett 公式^[11,25-26](QTc 间期 = QT 间期 / √RR 间期)计算 QTc 间期。

8 平板运动试验的数据记录与报告书写

8.1 数据记录

首先核对平板运动试验基本信息,包括受检者姓名、性别、年龄、试验日期等,描述试验过程,包括运动方案、运动时间、终止原因等。其次建议按照受检者静息状态仰卧位、坐位、站立位、运动峰值和恢复期 1~6 min 10 个时间点测量和呈现 QT 间期和 QTc 间期的数值数据(表 6),如果有 T 波形态变化或者心律失常事件发生,应描述心律失常发生情况及具体类型。如果条件有限,推荐至少测量和计算包括静息卧位和立位、运动峰值、恢复期 1 min 和 4 min 5 个时间点的 QT 间期和 QTc 间期数值。

表 6 不同时期 QTc 间期计算结果

项目	QT 间期 (ms)	心率 (次/min)	QTc 间期(Bazett 公式) (ms)
卧位	380	77	430
坐位	390	88	472
立位	375	98	479
运动峰值	275	158	446
恢复期 1 min	295	130	434
恢复期 2 min	335	119	472
恢复期 3 min	345	113	473
恢复期 4 min	350	107	467
恢复期 5 min	360	101	467
恢复期 6 min	350	108	470

注:QTc:校正 QT。

8.2 报告书写

(1) 辅助诊断:结合国内外 LQTS 的诊断标准和文献,本共识专家组成员经充分讨论后,建议根据运动恢复期 4 min 时的 QTc 间期给出明确的以下 3 种结论(表 7),同时建议给出 QTc 间期运动变化特征及 LQTS 可能类型的提示(表 8),及平板运动试验辅助诊断 LQTS 报告(图 2)。

(2) 疗效评估:除了上述结论外,对于 LQTS 药物治疗后疗效评估,可根据患者既往恢复期 4 min QTc 间期结果,在备注里给出下列描述:上一次(时

间)恢复期 4 min QTc 间期 xx ms, 本次恢复期 4 min QTc 间期 xx ms。

(3) 危险分层: 根据检查过程中出现的心律失常情况在备注中进行危险分层描述: 患者检查过程中出现 Tdp、持续单形性室性心动过速, 提示存在高风险。患者检查过程中出现 T 波电交替、非持续性室性心动过速、频发室早提示存在中风险。

表 7 平板运动试验辅助诊断 LQTS 结论

结论	恢复期 QTc 间期	备注
阳性	恢复期 4 min QTc 间期 ≥ 480 ms	Schwartz 评分 1 分
可疑阳性	445 ms ≤ 恢复期 4 min QTc 间期 < 480 ms	-
阴性	恢复期 4 min QTc 间期 < 445 ms	-

注: QTc: 校正 QT; LQTS: 长 QT 综合征; LQT1: 长 QT 综合征 1 型; LQT2: 长 QT 综合征 2 型; LQT3: 长 QT 综合征 3 型。可能部分 LQT3 患者运动后恢复期 4 min QTc 间期 < 445 ms, 建议根据静息心电图 QTc、基因检测结果或 Schwartz 评分综合判断。-: 无。

表 8 平板运动试验 QTc 运动变化特征及 LQTS 可能类型提示

可能类型	静息 QTc 间期	恢复期 QTc 间期	运动中 QTc 间期变化特征
LQT1	卧位 QTc 间期 xx ms	恢复期 4 min QTc 间期 ≥ 480 ms, 恢复期 1 min QTc 间期 > 460 ms	运动后 QTc 间期随心率增快逐渐延长 ^[11]
LQT2	卧位 QTc 间期 xx ms	恢复期 4 min QTc 间期 ≥ 480 ms	次极量心率时出现最长 QTc 间期 ^[26]
LQT3	卧位 QTc 间期 ≥ 480 ms	恢复期 4 min QTc 间期较卧位 QTc 间期缩短	运动后 QTc 间期随心率增快明显缩短 ^[29]
未确定分型	卧位 QTc 间期 xx ms	恢复期 4 min QTc 间期 ≥ 480 ms	不符合以上情况

注: QTc: 校正 QT; LQTS: 长 QT 综合征; LQT1: 长 QT 综合征 1 型; LQT2: 长 QT 综合征 2 型; LQT3: 长 QT 综合征 3 型。

临床诊断:							
运动前心电图:		运动前血压: mmHg;		运动前心率: 次/min;		QTc 间期 (卧位): ms; QTc 间期 (立位): ms	
分级	功率 (速度哩 / 坡度)	心率 (次/min)	血压 (mmHg)	ST-T 改变	QTc 间期 (ms)	心律失常	自觉症状
一级	1'	1.7/10%					
	2'						
	3'						
二级	1'	2.5/12%					
	2'						
	3'						
三级	1'	3.4/14%					
	2'						
	3'						
四级	1'	4.2/16%			峰值 XXX		
	2'						
	3'						
五级	1'	5.0/18%					
	2'						
	3'						
运动后	1'				XXX		
	2'						
	3'						
	4'				XXX		
	5'						
平板运动试验辅助诊断 LQTS 结果:					报告者:	审核者:	
备注:							

注: QTc: 校正 QT; LQTS: 长 QT 综合征。1 mmHg=0.133 kPa。

图 2 平板运动试验辅助诊断 LQTS 报告模版

8.3 平板运动试验结果的解读和应用

LQTS 不同类型在平板运动试验中的表现可能不同, 医师需要根据患者静息心电图的 QTc 间期、临床症状、家族史、基因检测报告综合做出诊断。如果卧位、坐位和立位的静息心电图都已经明确 QTc

间期 ≥ 480 ms, 可以根据平板运动试验过程中 QTc 间期根据心率变化的特点推测患者 LQTS 的分型。

8.3.1 平板运动试验在 LQTS 诊断中的作用与局限性

(1) 平板运动试验根据运动恢复期 4 min 时的 QTc 间期得出的辅助诊断结论只在 Schwartz 评分中为

1 分。(2) 无论平板运动试验结果如何, 并不能单纯依据平板运动试验给出 LQTS 的明确诊断。(3) 不同类型 LQTS 在平板运动试验中可能有不同的特征性心电图改变, 平板运动试验结果只能为 LQTS 亚型判断提供初步辅助诊断的提示。LQTS 的具体类型应该依据患者临床情况和基因检测结果等综合判断给出最终诊断意见。(4) 如果平板运动试验结果为可疑阳性, 临床医师可根据患者具体情况确定是否进一步完善基因检测和其他检查明确诊断; 如果结果为阴性, 临床医师可根据患者综合情况判断是否排除 LQTS。

8.3.2 LQTS 常见类型在平板运动试验中的表现

(1) 长 QT 综合征 1 型 (LQT1): ①典型静息心电图表现为 QT 间期延长, T 波宽大。②在平板运动试验中表现为随着运动心率增快, QTc 间期进行性或持续性延长。③恢复期 4 min QTc 间期 ≥ 445 ms 预测 LQTS 的总体准确度为 93%, 灵敏度为 94%, 特异度为 90%; 恢复期 4 min QTc 间期 ≥ 480 ms, 特异度为 100%^[11]。恢复期 1 min QTc 间期 > 460 ms 诊断 LQT1 效果最佳^[11], 特异性为 90%。在恢复 3 min 时 QTc 间期延长 >30 ms 可能为 LQT1 提供 75% 的基因前检测概率^[24]。④运动过程中观察到更显著的 QTc 间期延长和复极离散^[30]。

(2) 长 QT 综合征 2 型 (LQT2): ①静息心电图多表现为 T 波低平、有切迹或双峰。②在次极量心率 (约预测最大心率的 50%) 时出现最大的 QTc 间期, 随后开始向基线值回落; 无论运动类型、性别或年龄结果都是一致的^[28]。③平板运动试验中 LQT1 的 QTc 间期明显长于 LQT2^[11, 31]。

(3) 长 QT 综合征 3 型 (LQT3): ①静息心电图表现为 ST 段延长、T 波高尖; ②休息时 QTc 间期延长明显, 运动时的 QTc 间期随着心率增加逐渐缩短^[29]; ③在平板运动试验中可能不会出现 QTc 间期 ≥ 480 ms 的阳性报告。

9 平板运动试验的质量控制与风险防范

9.1 质量控制

(1) 定期对操作团队进行培训和考核, 确保操作规范、心电图判读准确。(2) 严格按照标准流程进行数据测量与分析, 减少人为误差。(3) 定期对平板运动设备和心电图监测系统维护 and 校准。

9.2 风险防范

(1) 试验过程中密切观察受检者症状和心电图变化, 及时发现并处理异常情况。常规不推荐提前备用静脉留置针, 但是高危患者检查前可考虑备用静脉留置针。(2) 一旦发生严重心律失常、心绞痛等紧

急情况, 立即终止试验, 启动急救预案, 进行有效的抢救及处理。(3) 试验结束后, 告知受检者注意事项, 如避免立即大量饮水、剧烈活动等, 嘱其在医院休息观察一段时间后再离开。

本共识为平板运动试验辅助诊断 LQTS 提供操作规范, 临床实践中可根据实际情况合理应用。随着研究的进展, 期待本共识内容不断更新优化。

专家组成员 (按姓氏笔画排序): 丁立刚 (中国医学科学院阜外医院), 丁荣晶 (北京协和医院), 王红宇 (山西医科大学第二医院), 王远珏 (中国医学科学院阜外医院), 王守东 [山东大学齐鲁医院 (青岛)], 王如兴 (南京医科大学无锡附属医院), 王现青 (阜外华中心血管病医院), 王海雄 (山西省心血管病医院), 王新康 (福建省立医院), 邓国兰 (重庆医科大学附属第一医院), 尹德春 (哈尔滨医科大学附属第一医院), 石亚君 (中国人民解放军总医院第一医学中心), 卢喜烈 (中国人民解放军总医院第一医学中心), 龙湘鹏 (湘潭市中心医院), 刘方 (中国医学科学院阜外医院), 刘金秋 (大连医科大学附属第一医院), 刘彤 (天津医科大学第二医院), 任明 (青海大学附属医院), 孙雅逊 (浙江大学医学院附属邵逸夫医院), 苏瑞璞 (河北医科大学第三医院), 李春雨 (济宁医学院附属医院), 李翠兰 (北京大学人民医院), 李晓飞 (中国医学科学院阜外医院), 杨艳敏 (中国医学科学院阜外医院), 杨海涛 (阜外华中心血管病医院), 杨晓云 (华中科技大学同济医学院附属同济医院), 杨丽红 (河南省人民医院), 杨进刚 (中国医学科学院阜外医院), 吴瑛 (中国医学科学院阜外医院), 吴灵敏 (中国医学科学院阜外医院), 吴蕊 (阜外华中心血管病医院), 张海澄 (北京大学人民医院), 张萍 (北京清华长庚医院), 陈旭华 (中国医学科学院阜外医院), 范平 (新疆医科大学第一附属医院), 金光临 (中国医学科学院阜外医院深圳医院), 周菁 (北京大学第一医院), 郑黎晖 (中国医学科学院阜外医院), 郑新权 (浙江大学医学院附属第一医院), 洪葵 (南昌大学第二附属医院), 姚焰 (中国医学科学院阜外医院), 胡伟 (青岛西海岸新区中心医院), 浦介麟 (上海市东方医院, 同济大学附属东方医院), 郭金锐 (云南省阜外心血管病医院), 徐金义 (河南省人民医院), 黄洁 (中国医学科学院阜外医院), 梁岩 (中国医学科学院阜外医院), 常栋 (浙江大学绍兴医院), 程怀兵 (中国医学科学院阜外医院), 谢强 (厦门大学附属第一医院), 鄢定红 (中国医学科学院阜外医院), 裴志芳 (中南大学湘雅医院), 樊晓寒 (中国医学科学院阜外医院)

共识编写专家组:

组长: 樊晓寒 (中国医学科学院阜外医院), 洪葵 (南昌大学第二附属医院), 姚焰 (中国医学科学院阜外医院)

执笔者: 樊晓寒 (中国医学科学院阜外医院), 刘方 (中国医学科学院阜外医院), 洪葵 (南昌大学第二附属医院)

秘书: 刘方 (中国医学科学院阜外医院), 王远珏 (中国医学科学院阜外医院)

利益冲突: 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] Modell SM, Bradley DJ, Lehmann MH. Genetic testing for long QT

- syndrome and the category of cardiac ion channelopathies[J]. *PLoS Curr*, 2012, 4: e4f9995f69e6c7. DOI: 10.1371/4f9995f69e6c7.
- [2] Ponce-Balbuena D, Deschênes I. Long QT syndrome-bench to bedside[J]. *Heart Rhythm O2*, 2021, 2(1): 89-106. DOI: 10.1016/j.hrthm.2021.01.006.
- [3] Schwartz PJ, Crotti L, Insolia R. Long-QT syndrome: from genetics to management[J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2012, 5(4): 868-877. DOI: 10.1161/CIRCEP.111.962019.
- [4] Schwartz PJ, Ackerman MJ, Antzelevitch C, et al. Inherited cardiac arrhythmias[J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2020, 6(1): 58. DOI: 10.1038/s41572-020-0188-7.
- [5] Hung CL, Wu YW, Lin CC, et al. 2021 TSOE expert consensus on the clinical features, diagnosis, and clinical management of cardiac manifestations of Fabry disease[J]. *Acta Cardiol Sin*, 2021, 37(4): 337-354. DOI: 10.6515/ACS.202107_37(4).20210601A.
- [6] Zeppenfeld K, Tfelt-Hansen J, de Riva M, et al. 2022 ESC guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death[J]. *Eur Heart J*, 2022, 43(40): 3997-4126. DOI: 10.1093/eurheartj/ehac262.
- [7] Schwartz PJ, Crotti L. QTc behavior during exercise and genetic testing for the long-QT syndrome[J]. *Circulation*, 2011, 124(20): 2181-2184. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.062182.
- [8] Abrahams T, Davies B, Laksman Z, et al. Provocation testing in congenital long QT syndrome: a practical guide[J]. *Heart Rhythm*, 2023, 20(11): 1570-1582. DOI: 10.1016/j.hrthm.2023.07.059.
- [9] 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. 心脏离子通道病和致心律失常性心肌病基因检测评估中国专家共识 [J]. *中华心律失常学杂志*, 2024, 28(1): 23-42. DOI: 10.3760/cma.j.cn113859-20231010-00064.
- [10] 刘方, 陈璐勳, 卢国英, 等. 基于运动平板试验辅助诊断长 QT 综合征的检查方案探索 [J]. *中国循环杂志*, 2025, 40(7): 659-665. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2025.07.004.
- [11] Sy RW, van der Werf C, Chattha IS, et al. Derivation and validation of a simple exercise-based algorithm for prediction of genetic testing in relatives of LQTS probands[J]. *Circulation*, 2011, 124(20): 2187-2194. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.028258.
- [12] 郭继鸿, 陈韵岱, 石亚君, 等. 平板运动试验临床规范应用的中国专家共识 [J]. *临床心电学杂志*, 2023, 32(6): 401-408. DOI: 10.3969/j.issn.1005-0272.2023.06.002.
- [13] Roston TM, De Souza AM, Romans HV, et al. Potential overdiagnosis of long QT syndrome using exercise stress and QT stand testing in children and adolescents with a low probability of disease[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2021, 32(2): 500-506. DOI: 10.1111/jce.14865.
- [14] Anys S, Arnaud M, Minois D, et al. Dose response to nadolol in congenital long QT syndrome[J]. *Heart Rhythm*, 2021, 18(8): 1377-1383. DOI: 10.1016/j.hrthm.2021.04.021.
- [15] Schwartz PJ, Priori SG, Locati EH, et al. Long QT syndrome patients with mutations of the *SCN5A* and *HERG* genes have differential responses to Na⁺ channel blockade and to increases in heart rate. Implications for gene-specific therapy[J]. *Circulation*, 1995, 92(12): 3381-3386. DOI: 10.1161/01.cir.92.12.3381.
- [16] Berger WR, Gow RM, Kambari S, et al. The QT and corrected QT interval in recovery after exercise in children[J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2011, 4(4): 448-455. DOI: 10.1161/CIRCEP.110.961094.
- [17] Reynisson B, Tanghøj G, Naumburg E. QTc interval-dependent body posture in pediatrics[J]. *BMC Pediatr*, 2020, 20(1): 107. DOI: 10.1186/s12887-020-1959-8.
- [18] Robyns T, Willems R, Vandenberg B, et al. Individualized corrected QT interval is superior to QT interval corrected using the Bazett formula in predicting mutation carriage in families with long QT syndrome[J]. *Heart Rhythm*, 2017, 14(3): 376-382. DOI: 10.1016/j.hrthm.2016.11.034.
- [19] Bennett MT, Gula LJ, Klein GJ, et al. Effect of beta-blockers on QT dynamics in the long QT syndrome: measuring the benefit[J]. *Europace*, 2014, 16(12): 1847-1851. DOI: 10.1093/europace/euu086.
- [20] Bennett MT, Gula LJ, Klein GJ, et al. Effect of beta-blockers on QT dynamics in the long QT syndrome: measuring the benefit[J]. *Europace*, 2014, 16(12): 1847-1851. DOI: 10.1093/europace/euu086.
- [21] McInnis KJ, Balady GJ. Comparison of submaximal exercise responses using the Bruce vs modified Bruce protocols[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1994, 26(1): 103-107.
- [22] 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. 2020 室性心律失常中国专家共识 (2016 共识升级版)[J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2020, 34(3): 189-253. DOI: 10.13333/j.cnki.cjpe.2020.03.001.
- [23] Chan CH, Hu YF, Chen PF, et al. Exercise test for patients with long QT syndrome[J]. *Acta Cardiol Sin*, 2022, 38(2): 124-133. DOI: 10.6515/ACS.202203_38(2).20211101A.
- [24] Horner JM, Horner MM, Ackerman MJ. The diagnostic utility of recovery phase QTc during treadmill exercise stress testing in the evaluation of long QT syndrome[J]. *Heart Rhythm*, 2011, 8(11): 1698-1704. DOI: 10.1016/j.hrthm.2011.05.018.
- [25] Patel TM, Kamande SM, Jarosz E, et al. Treadmill exercise testing improves diagnostic accuracy in children with concealed congenital long QT syndrome[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2020, 43(12): 1521-1528. DOI: 10.1111/pace.14085.
- [26] Wong JA, Gula LJ, Klein GJ, et al. Utility of treadmill testing in identification and genotype prediction in long-QT syndrome[J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2010, 3(2): 120-125. DOI: 10.1161/CIRCEP.109.907865.
- [27] Aziz PF, Wieand TS, Ganley J, et al. Genotype- and mutation site-specific QT adaptation during exercise, recovery, and postural changes in children with long-QT syndrome[J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2011, 4(6): 867-873. DOI: 10.1161/CIRCEP.111.963330.
- [28] Sy RW, Chattha IS, Klein GJ, et al. Repolarization dynamics during exercise discriminate between LQT1 and LQT2 genotypes[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2010, 21(11): 1242-1246. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2010.01788.x.
- [29] Takahashi K, Nabeshima T, Nakayashiro M, et al. QT dynamics during exercise in asymptomatic children with long QT syndrome type 3[J]. *Pediatr Cardiol*, 2016, 37(5): 860-867. DOI: 10.1007/s00246-016-1360-4.
- [30] Takenaka K, Ai T, Shimizu W, et al. Exercise stress test amplifies genotype-phenotype correlation in the LQT1 and LQT2 forms of the long-QT syndrome[J]. *Circulation*, 2003, 107(6): 838-844. DOI: 10.1161/01.cir.0000048142.85076.a2.
- [31] Chattha IS, Sy RW, Yee R, et al. Utility of the recovery electrocardiogram after exercise: a novel indicator for the diagnosis and genotyping of long QT syndrome? [J]. *Heart Rhythm*, 2010, 7(7): 906-911. DOI: 10.1016/j.hrthm.2010.03.006.

(收稿日期: 2025-09-26)

(编辑: 王宝茹)