

低复杂度深度学习模型：可穿戴监测心房颤动的高效算法

周艾欣 谢路昱

[中图分类号] R541.7 R541.75 [文献标识码] A [文章编号] 1005-0272(2025)06-0470-07

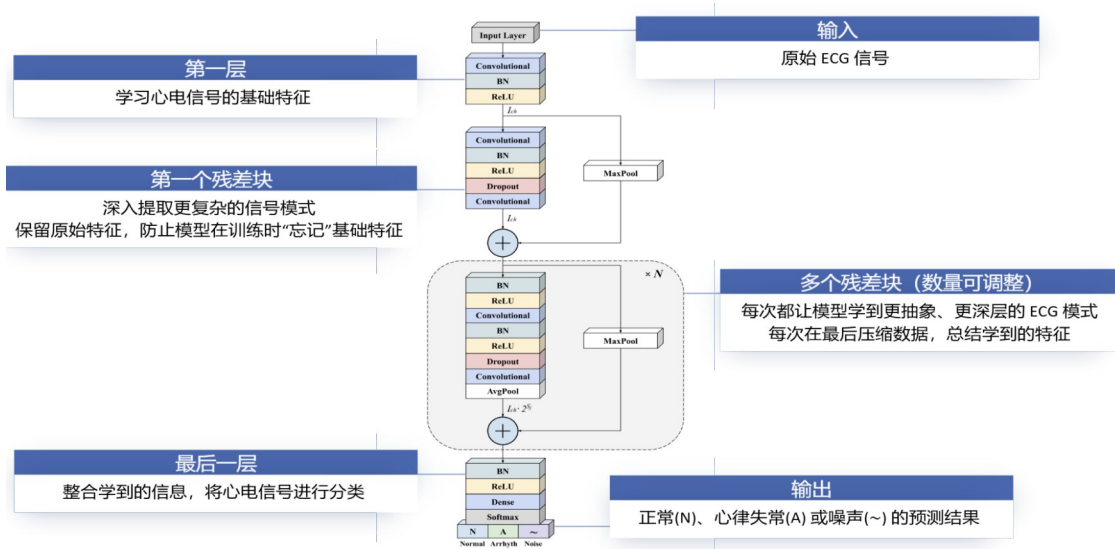
[引用格式] 周艾欣 谢路昱. 低复杂度深度学习模型：可穿戴监测心房颤动的高效算法[J]. 临床心电图学杂志, 2025, 34(6): 470-470.

目前,将人工智能领域的深度学习模型用于房颤诊断已不鲜见。阵发性房颤通常短暂、随机且无症状,传统机器学习或深度学习模型虽然能够较精准地检测心律失常,但计算复杂度高、推理速度慢,不适合部署在算力和电量有限的可穿戴设备上。对此,低复杂度模型可通过实现性能与资源消耗的平衡,成为推动心电智能诊断普及的关键技术。

低复杂度模型可以仅使用11个残差层和一个全连接层,训练仅2万个参数,使F1分数达到0.9以上。模型首先接收未经处理的原始心电信号,提取心电波形的基础节律与形态特征,随后进入模型的核心单元——残差网络(ResNet)。每个残差块在基于上

一残差块的结果提取更复杂特征的同时,通过额外的捷径保留基础节律信息,避免信号在多层传递中丢失原始生理特征。在每一个残差块的结尾,模型都会对提取到的心电特征进行压缩与整合,将关键信息精炼后传递至下一个残差块。

最终,全连接输出层将所有学到的特征融合后进行分类,判断信号是正常心律、心律失常或受噪声干扰。依托于该结构,模型在保持低复杂度的前提下,仍能精准捕获房颤患者的关键电生理特征,展现出兼具实时性、可部署性与临床解释性的优势,为实时监测与远程医疗提供了可靠的技术支撑。



作者单位: 230031 安徽 合肥,合肥国家综合性科学中心数据空间研究院

作者简介: 周艾欣, 硕士, 主要从事医疗数据分析与人工智能相关的研究; 谢路昱, 博士, 主要从事生物信息学与医疗人工智能方向的研究。

通信作者: 谢路昱, E-mail: xueluyu@idata.ah.cn

《临床心电学杂志》第 34 卷(2025 年)总目次

指南与共识

上海市心电远程诊断中心的质控规范
··· 上海市心血管内科临床质量控制中心心电质控专家组 1:1

特约专稿

生物可吸收支架:开启冠脉介入治疗新纪元
····· 王斌 2:81

起搏器的自动模式转换功能
····· 王立群 3:161

尖端扭转型室性心动过速的新机制
····· 刘文玲 郭继鸿 4:241

家庭 AI 心电仪的用户与大语言模型对话分析研究
····· 黄舜 章德云 魏爽等 5:321

基于抄写机制的长程动态心电图数据压缩方法
····· 周艾欣 谢路昱 5:328

平板运动试验诱发的血管迷走性晕厥
····· 赵运涛 6:405

饮酒诱发的反复冠状动脉痉挛相关晕厥
····· 王皓 范彩逢 谷云飞 6:410

人工智能在 ECG 解读与临床应用
····· 刘霞 6:411

基于人工智能的心电全景图:思想、方法与应用
前瞻
····· 詹泽汇 陈涵 陈晋泰 6:414

专家共识与讨论

心电向量图诊断术语规范化中国专家共识
(2025)
····· 潘月 潘登
河南省生物医学工程学会立体心电图专业委员会等 6:418

临床研究

交替性束支阻滞
····· 李兴杰 王彦梅 1:4

硝酸甘油与异丙肾上腺素在直立倾斜试验中应
用效果的 Meta 分析
····· 党林林 舒婷婷 曹敏等 1:13

流程管理指导急性心肌梗死院前急救的效果
····· 谢天有 叶翠娥 1:18

急性冠脉综合征患者 PCI 术后应用小剂量替格
瑞洛的疗效
····· 杨民从 孙俊华 李凤祥 1:23

奥美沙坦酯联合尼群地平对高血压患者血压变
异性的影响
····· 武培 王志文 1:27

川芎嗪注射液联合依折麦布对冠心病患者运动
耐力与心功能的影响
····· 李娇娇 张蓓蓓 1:32

应激性心肌病心电图的思考与分析
····· 蒋巍 孙育民 曹宾等 2:83

糖尿病酮症酸中毒患者 ST 段抬高的诊断分析
····· 王亚亚 王方方 崔勇 2:87

心房颤动心室率周期性变化的研究
····· 刘洪艳 2:94

增强型体外反搏联合远端缺血预适应治疗冠心病
····· 刘路平 孔菁 谢晓林等 2:97

运动平板与动态心电图联合诊断围绝经期女性
心肌缺血
····· 刘尚欢 李炎星 2:102

CBL结合翻转课堂教学法应用于心律失常心电图教学的研究
 李烁 钟元利 罗卿泉等 2:106

经导管主动脉瓣置换术患者的心电图分析
 方鹏 张璇 葛涛等 2:110

QTc离散度在小儿川崎病急性心肌损伤诊断中的应用
 冯文文 吴好 王芳 2:115

不同类型心力衰竭患者的心电图指标与心功能的相关性
 聂玉梅 马兰 2:119

冠脉单支病变所致心肌梗死的特点与危险因素的研究
 罗丹 尹春娥 肖勇等 3:167

心电图证实的AMI患者PCI术后恶性心律失常的风险预测
 孙涌莉 邱妍妍 杨登云 3:172

匹伐他汀联合依替巴肽治疗心肌梗死的疗效分析
 袁化银 余瑞云 3:177

老年心衰患者心电图QRS波时限与心功能的相关性
 牟欢 张泉 3:182

四种生物学标志物预测AMI合并心源性休克的死亡风险
 王春鹏 马增伟 陈明雷 3:186

心脏超声联合经颅多普勒技术诊断脑卒中合并卵圆孔未闭
 董建杰 杨梦初 王璐 3:190

心电图及血清胱抑素C水平与冠心病相关性分析
 马春艳 刘江涛 张菊花 3:194

托伐普坦联合美托洛尔对心衰心功能及氧化应激指标的影响
 王振良 刘江峰 秦毅 3:199

动态与常规心电图诊断小儿川崎病合并冠状动脉损伤
 杨新慧 陈怡桦 冯文文 4:246

心电瀑布图在阵发性心房颤动诊断中的应用
 赵清清 吴帆 4:250

QRS波时限评估老年心衰患者心功能的价值
 张素平 王学杰 张南南 4:256

心内科医生对癫痫性猝死伴心律失常预防的认识:问卷调查研究
 李冰 兰措卓玛 梁福俐等 4:260

达格列净联合托伐普坦对HFrEF心衰患者心功能及血清学指标的影响
 贺夏茹 刘翔宇 孙小淋 4:265

心电图 $T_{V_2}>T_{V_6}$ 预测NSTEMI患者回旋支罪犯血管的价值
 严新美 黎兰芳 戴喜艳 4:270

完全性左束支阻滞伴心电图轴左偏患者LVEF值的研究
 李碧妍 孙敬和 4:274

血清联合检测指标对AMI患者PCI术后的预测价值
 杜艳丽 董素英 尚祎等 4:277

起搏器植入后出现长RR间期的程控参数调整优化感知功能的探讨
 黄静涵 范树信 樊晓寒 5:354

常见起搏器心室阈值自动测试心电散点图特征分析
 王燕花 郑周玲 5:360

首发室速/室颤掩盖心肌梗死心电图 5 例分析
 火美琳 李培武 5:367

急性心肌梗死患者高敏肌钙蛋白 I 对不良心血管事件的预测价值
 赵景坤 陈振翼 6:438

动态心电图参数联合血清心肌损伤标志物在冠状动脉粥样硬化性心脏病无症状心肌缺血诊断中的价值分析
 周红乐 静喜改 孔双燕 6:445

伊伐布雷定辅助治疗慢性心衰的效果观察
 郝亚杰 张小丹 6:454

论著

急性 ST 段抬高型心肌梗死患者经皮冠状动脉介入治疗术后合并恶性室性心律失常的影响因素
 邵亚晓 李现立 贾研研 等 5:334

糖尿病患者心电图异常的影响因素分析
 甘强盛 黄碧云 李梅宁 5:339

急性冠脉综合征青年患者的临床与心率变异性研究
 张玉娟 5:344

心脏移植患儿的心电图分析
 张露莹 许淑淑 5:349

动态心电图 ST 段改变、平面 QRS-T 夹角对冠心病心肌缺血的预测价值分析
 王惠歆 林春尧 宿燕岗 6:423

经导管主动脉瓣置换术联合经皮冠脉介入术、外科主动脉瓣置换术联合冠脉旁路移植术治疗主动脉瓣狭窄合并冠心病的效果
 牛红星 石静宝 张瑞成 等 6:428

QRS 时限联合系统免疫炎症指数预测急性心肌梗死患者 PCI 术后的预后
 杨玉琴 吴祥树 6:437

病例报告

先天性长 QT 综合征 1 例
 蒋培培 刘晓林 张琰琰 1:37

急性下壁心肌梗死合并心房梗死 1 例
 罗显云 王叶青 蒋鸿历 等 1:39

误诊为室速的巨 R 波急性下壁心肌梗死 1 例
 田菊荣 1:41

高钾血症伴发窦室传导酷似室性心动过速 1 例
 徐晋 卢冬艳 2:123

尖端扭转型房性心动过速 1 例
 陈芳 钟书辉 张艳 等 2:124

心脏占位引起心电图 ST 段持续性抬高 1 例
 秦昆阳 2:126

阵发性房室阻滞伴心室停搏 1 例
 张雪银 张璐 赵胜花 2:128

起搏器“A PACE ON PVC”功能相关心电图 1 例
 吴毅程 宿燕岗 王惠歆 2:130

平板运动试验诱发血管迷走性晕厥 1 例
 马龙 金文敏 陈虹 等 3:204

伪似心肌淀粉样变性的肥厚型心肌病 1 例
 张玉珍 闵敏 李哲 等 3:206

病毒性心肌炎酷似心肌梗死心电图改变 3 例
 火美琳 高晓燕 3:209

肢体导联电极错接致“蹊跷心电图”1 例
 刘洪 秦文勇 3:213

电复律终止预激综合征伴快速房颤 1 例
 谢植宇 3:216

心房扑动伴 B 型交替性文氏周期 1 例
 周敏 郑晓艳 冯菁 等 3:218

急性前降支近段闭塞表现为“南非国旗征”1 例
 苏丹 王惠歆 4:281

农药中毒、毒蛇咬伤者心电图 Brugada 波各 1 例
 杨小童 蒲艳 4:284

急性心肌梗死心电图南非国旗征 1 例
 李文锋 刘英政 4:287

DDD 起搏器术后反复线结反应延迟愈合 1 例
 张爽 张明亮 王世莹等 4:289

间歇性短 QT 间期伴顽固性室速 1 例
 张雪银 马明仁 曾伟华 4:291

酷似旁道折返的房室结折返性心动过速 1 例
 张凡凡 孙海燕 蒋芳等 4:293

心脏挫伤致心房颤动 1 例报告
 韦连芬 5:374

平板运动试验诱发“6+2”现象 1 例
 黄雅倩 段晓琴 王诺妮 5:376

长期透析患者动静脉瘘成形术处搏动导致心电图出现异常变化 1 例
 李文锋 赵厚强 5:380

室性早搏致心律失常性心肌病 1 例
 代安妮 杨莉 刘师节等 6:455

肺动脉栓塞动态心电图改变 1 例
 吴晓燕 6:459

心房扑动射频消融导致房室阻滞 1 例
 张爽 张明亮 刘东洋 6:462

电解质紊乱致 T 波酷似 J 波 1 例
 冯应君 叶培机 王婷等 6:464

综述

碎裂 QRS 波在心肌梗死中的研究进展
 董蔚 杜新月 刘龙等 2:132

长程动态心电监测技术的临床应用进展
 王慕秋 高敏 5:387

讲座

心电图医师应具备的超声心动图基础知识(下)
 孔令云 刘芳 郭继鸿 2:137

心电教学

多学科融合理念在心电图教学中的贯穿和实施——构建多维理解与临床胜任力
 李碧妍 孙敬和 5:383

以胸痛为导向的心电图系统性教学
 赵耀 李攀 张芹等 6:466

疑难心律失常大查房

右旋心合并室上速消融术后的房室传导阻滞
 周旭 1:43

致心律失常性右心室心肌病合并持续性室速——射频还是 ICD 治疗
 段江波 3:220

急诊心电图精要分析

重视心肌桥的心电图表现及意义
 刘元生 1:49

肺栓塞心电图表现及临床意义
 刘元生 2:141

心脏震荡与恶性心律失常
 刘元生 3:225

罕见危重症心电图的判读
 刘元生 4:295

儿童心电图园地

儿童心肌病心电图特点及价值
 王本臻 李自普 1:54

儿童窄 QRS 心动过速心电图分析
 张祥 高倩 彭军等 2:147

“窦房结游走性心律”的明辨真伪
 张仪 李小梅 4:302

起搏器基本功能讲座

最小化心室起搏的 RYTHMIQTM 功能
 王立群 1:61

起搏器的上限频率行为
 王立群 4:306

国外心电学之窗

心包无导线起搏器研制成功(200)
 1:71

老年痴呆与防治新方法(201)
 1:71

运动员心脏:生理适应性还是病理性改变?(202)
 2:153

运动:最强的“医学干预”(203)
 2:153

AI正在临床医学中创造奇迹(202)
 黄静瑜 3:234

治疗心衰的无导线起搏器 WiSE CRT 获批(203)
 黄静瑜 3:234

血栓取栓术又登新高(204)
 黄静瑜 4:314

聆听大师对话:精准认知 AI(205)
 黄静瑜 4:314

心脏成纤维细胞:心脏结构重塑与节律调控的隐形桥梁
 李京秀 5:393

Urm1 介导的 Urmylation 促进应激依赖性的液-液相分离
 李京秀 5:393

低复杂度深度学习模型:可穿戴监测心房颤动的高效算法
 周艾欣 谢路昱 6:471

一词一图

钙泵(252)
 郭继鸿 1:72

非 ST 段抬高型心梗(253)
 宋辉 1:73

腺苷治疗的不良反应(254)
 黄静瑜 1:74

$V_{1-QTc} > V_{6-QTc}$ (255)
 陈涛 2:154

旋转木马征(256)
 黄静瑜 2:155

家族性 ST 压低综合征(257)
 郭继鸿 2:156

早后除极(258)
 黄静瑜 3:235

胸导联漩涡征(259)
 宋辉 3:236

心室电与机械活动的对应(260)
 郭继鸿 3:237

迟后除极(261)
 黄静瑜 4:315

“TQRQD”标准(262)
 宋辉 郭继鸿 4:316

Smith 标准(263)
 郭继鸿 4:317

心电学史钩沉

群英聚首 征战庐州
 ——记“稳心杯·心动中国”心电大赛 2024 年度全国总决赛
 1:封二、封三、66

学术翘楚辈出 心电辉煌射斗
 ——记崔长琮教授荣膺第13届黄宛心电学奖
 3:封二、封三、231

学术研讨会回首

精诚所至 金石为开
 ——记16届房颤介入治疗关键技术研讨会隆重
 召开
 2:封二、封三、150

砥砺前行:起搏电极管理再登新高峰
 ——记第十二届心脏起搏及电极导线管理大会
 召开
 4:封二、封三、311

书讯

“心电图解析:从病理生理到临床应用”中文第二
 版出版
 1:75、2:152

隆重推荐新书“百序集”
 郭继鸿 3:229

消息

如何正确向《临床心电学杂志》投稿
 1:3、2:101、3:219、4:305

著作权使用声明
 1:12、2:136、3:212、4:245

如何补订《临床心电学杂志》
 1:36、3:203、4:294

《临床心电学杂志》对图片质量和制作的要求
 1:76、2:129、3:224、4:310

“百序集”一书出版发行
 3:228

《临床心电学杂志》2025年征订启事
 4:276

心电学术动态

《临床心电学杂志》稿约
 1:77、2:157

作者·读者·编者

《临床心电学杂志》官方网站及智能投审稿系统
 上线开放通知
 5:327

《临床心电学杂志》对图片质量和制作的要求
 5:343

《临床心电学杂志》2026年征订启事
 5:353、6:469

著作权使用声明
 5:373、6:410

《临床心电学杂志》投稿须知
 5:394

《临床心电学杂志》图片编辑规范
 6:405

如何正确向《临床心电学杂志》投稿
 6:437

通知
 6:454

总目次

《临床心电学杂志》第34卷(2025年)总目次
 6:471