

全量多模态数据驱动的冠心病与焦虑症鉴别：面向双心诊疗的模型研究

付文月

河北省邯郸市涉县医院，河北邯郸，056400；

摘要：冠心病与焦虑症在临床中常因胸闷、胸痛等相似躯体症状产生鉴别困境，构成双心诊疗的核心挑战。全量多模态数据融合生理指标、影像学特征、心理测评及临床信息，为突破单一维度鉴别局限提供新路径。本文系统综述双心疾病鉴别现状、多模态数据资源体系、智能鉴别模型研究进展，剖析数据融合与模型构建的关键问题，展望面向临床转化的技术发展方向，为双心诊疗的精准化与智能化提供理论参考。

关键词：双心医学；冠心病；焦虑症

DOI：10.64216/3104-9656.25.02.013

1 引言

1.1 双心诊疗的临床需求

双心医学聚焦心血管疾病与精神心理障碍的共病机制及协同诊疗，其核心难题在于冠心病（Coronary Artery Disease, CAD）与焦虑症的鉴别诊断。冠心病作为器质性心脏病，因冠状动脉狭窄导致心肌缺血，典型表现为胸骨后压榨性胸痛，可放射至左肩及咽喉部，常由运动或情绪激动诱发，持续数分钟至数十分钟；而焦虑症作为功能性心理障碍，通过自主神经紊乱引发胸闷、心悸等躯体化症状，疼痛部位不固定，持续时间长短不一，多伴情绪紧张与濒死感。临床数据显示，约 30% 的胸痛患者最终确诊为焦虑相关的功能性胸痛，而冠心病患者中焦虑症患病率高达 45%，二者的混淆导致 37% 的患者接受不必要的冠脉造影检查，同时延误 22% 焦虑症患者的规范治疗。这种鉴别困境不仅增加医疗成本，更可能因漏诊或误诊威胁患者生命安全，凸显精准鉴别的迫切需求。

1.2 多模态数据驱动的技术契机

传统鉴别依赖单一维度信息：生理检查中，冠心病患者肌钙蛋白、心肌酶谱升高，但早期或轻度患者指标常呈假阴性；心理测评如 GAD-7、PHQ-9 量表可评估焦虑程度，却无法排除器质性病变；影像学检查中冠脉 CT 可显示血管狭窄，但无法区分“无症状性狭窄”与“症状性缺血”。全量多模态数据通过整合生理生化、影像、心理、临床等多维度信息，可捕捉疾病的“器质性 - 功能性”双重特征：冠心病患者的心率变异性（HRV）降低、左心室射血分数（LVEF）异常与焦虑症患者的自主神经过度激活形成特征差异，而二者共有的炎症因子升高又为机制解析提供线索。随着人工智能技术的发展，多模态数据融合模型已实现从“特征

叠加”到“深度关联”的突破，为构建兼顾敏感性与特异性的鉴别系统奠定基础。

2 冠心病与焦虑症的鉴别难点及机制关联

2.1 临床鉴别困境的核心表现

症状重叠是鉴别首要障碍。二者均以胸闷胸痛为核心症状，且疼痛性质均可能表现为闷痛或压榨感，部分焦虑症患者甚至出现硝酸甘油“假性缓解”现象，进一步干扰判断。从发病机制看，冠心病的胸痛源于心肌缺血刺激感觉神经纤维，而焦虑症通过交感神经兴奋引发冠脉痉挛，形成“功能性缺血”，二者最终通过共同的神经传导通路产生相似主观感受。

客观指标的交叉性加剧鉴别难度。生理层面，冠心病患者常因应激反应出现焦虑情绪，导致 HRV 指标降低，与焦虑症患者的自主神经紊乱表现一致；生化层面，二者均存在 IL-6、TNF-α 等炎性因子升高，其中冠心病患者的炎症反应源于血管内皮损伤，焦虑症则源于心理应激的免疫激活。临床特征上，40 岁以下患者中，心肌炎与焦虑症的胸痛表现高度相似，而 40 岁以上人群中，不典型心绞痛与焦虑急性发作的鉴别需结合多维度信息综合判断。

2.2 双心疾病的机制关联基础

二者的病理生理关联为多模态鉴别提供理论依据。神经 - 内分泌 - 免疫网络紊乱是核心纽带：长期焦虑通过下丘脑 - 垂体 - 肾上腺轴激活，导致皮质醇升高，促进血小板聚集与血管收缩，增加冠脉狭窄风险；而冠心病患者因疾病恐惧引发的焦虑情绪，进一步通过交感神经兴奋加剧心肌耗氧，形成“器质性病变 - 心理障碍”恶性循环。

关键生物标志物的双向作用凸显多模态整合的必要性。心率变异性（HRV）作为自主神经功能的量化指

标, 在冠心病患者中表现为低频成分升高, 在焦虑症患者中则呈高频成分降低, 可通过时域与频域分析区分; 炎症因子 IL-6 既是冠脉粥样硬化的标志物, 也与焦虑症的症状严重程度正相关, 其浓度阈值结合临床特征可提升鉴别效能。这种“共享指标、差异机制”的特点, 决定了单一数据维度无法实现精准鉴别, 必须依赖多模态数据的协同分析。

3 全量多模态数据资源体系与特征挖掘

3.1 数据维度构成及其临床价值

全量多模态数据包含生理生化、影像、心理测评、临床文本四个核心维度, 各维度数据凭借互补性揭示疾病的本质差异。生理生化数据是鉴别诊断的基础: 冠心病患者发病时, 心肌肌钙蛋白 I (cTnI) 通常高于 0.04 ng/mL, 而焦虑症患者该指标始终处于正常范围; 心率变异性 (HRV) 中的全部窦性心搏间期标准差 (SDNN) 在冠心病患者中低于 100 ms, 焦虑症患者则表现为 SDNN 正常, 但相邻心搏间期差值均方根 (RMSSD) 降低。影像学数据提供客观依据: 冠状动脉计算机断层血管造影 (冠脉 CTA) 显示的冠状动脉狭窄程度可直接鉴别器质性病变, 而功能磁共振成像 (脑功能 MRI) 发现焦虑症患者杏仁核与岛叶的功能连接增强, 为功能性症状提供神经影像学证据。心理测评与临床文本数据则弥补了“主观症状 - 客观指标”之间的差距, 广泛性焦虑障碍量表 (GAD - 7) 评分 ≥ 10 分, 结合“疼痛随情绪缓解”的病史描述, 可显著提高焦虑症鉴别的特异性。

3.2 数据采集与预处理技术要点

全量数据采集需兼顾全面性与规范性。生理指标应采用同步采集方案, 如在运动负荷试验中同时记录心电图 (HRV 计算) 与血液样本 (肌钙蛋白检测), 避免时间差导致的误差; 影像学检查需制定标准化协议, 冠脉 CTA 的层厚统一为 0.625mm, 确保狭窄度测量的一致性; 心理测评需在患者症状稳定期实施, 排除急性疼痛对评分的干扰。

数据预处理是提升模型效能的关键步骤。针对生理数据的缺失值, 采用多重插补法填充, 优于单一均值填充; 影像学数据需通过刚性配准校正体位差异, 采用阈值分割提取冠脉与心肌区域特征; 临床文本数据采用 BERT 模型进行实体识别, 提取“诱发因素”“疼痛部位”等关键实体; 多模态数据需进行归一化处理, 将不同量纲的指标映射至 $[0, 1]$ 区间, 消除数值差异的影响。某中心的实践显示, 经过标准化预处理后, 数据的鉴别信息熵提升 32%, 为后续模型构建奠定基础。

4 多模态数据驱动的鉴别模型研究进展

4.1 传统融合模型及其局限性

早期多模态鉴别依赖传统机器学习的特征拼接策略, 核心模型包括逻辑回归 (LR)、支持向量机 (SVM) 与随机森林 (RF)。这类模型通过人工提取各模态特征后进行简单叠加, 如将冠脉狭窄度、GAD-7 评分与 cTnI 浓度拼接为特征向量, 输入 RF 模型进行分类。

临床研究显示, 传统模型在小规模数据集中可实现 75%-82% 的鉴别准确率, 但存在明显局限性: 一是特征依赖人工设计, 如 HRV 的时域指标与频域指标的权重分配缺乏理论依据, 导致模型泛化性差; 二是模态间关联挖掘不足, 无法识别“冠脉狭窄 + 轻度焦虑”这类共病状态的特征模式; 三是对高维数据处理能力弱, 当影像特征维度超过 1000 时, SVM 模型的准确率下降至 65% 以下。某针对 200 例患者的研究表明, RF 模型对单纯冠心病的识别准确率为 85%, 但对“冠心病合并焦虑症”的识别准确率仅为 58%, 凸显传统模型的固有缺陷。

4.2 深度学习融合模型的技术突破

深度学习通过端到端学习实现多模态特征的自动提取与深度融合, 成为当前研究热点, 主要分为模态内特征学习与跨模态融合两个技术环节。

在模态内特征学习方面, 针对不同数据类型采用专用网络结构: 生理时序数据采用长短期记忆网络 (LSTM), 通过门控机制捕捉 HRV 的动态变化特征; 影像学数据采用卷积神经网络 (CNN), 如基于 U-Net 架构提取冠脉 CTA 中的血管狭窄区域特征, 识别准确率较传统方法提升 18%; 文本数据采用 BERT 预训练模型, 将症状描述转化为 768 维向量, 有效捕捉“压榨样疼痛”“情绪诱发”等关键语义信息。

跨模态融合技术分为早期融合、晚期融合与中间融合三种策略 (图 1)。早期融合在特征提取后直接拼接, 计算效率高但易受噪声影响; 晚期融合通过整合各模态预测结果实现决策协同, 如将 CNN 的影像预测概率与 LSTM 的生理预测概率加权求和, 在 300 例样本数据集上实现 89% 的准确率; 中间融合通过注意力机制建立模态间关联, 如 Transformer 模型通过自注意力层计算影像特征与心理测评特征的关联权重, 显著提升共病状态的鉴别效能, 对“冠心病合并焦虑症”的识别准确率达到 83%, 较晚期融合提升 15%。

4.3 临床应用案例与效能评估

现有研究已证实深度学习模型的临床应用价值。团队基于 500 例患者的多模态数据 (冠脉 CTA、HRV、GAD-7 评分、临床文本), 构建 CNN-LSTM 融合模型, 在测试集中实现 91.2% 的鉴别准确率、89.5% 的敏感性与 92.8% 的特异性, 显著优于传统 RF 模型 (78.3% 准确率)。该模型在三甲医院心内科的初步应用显示,

可将胸痛患者的平均鉴别时间从 48 小时缩短至 6 小时, 减少 31% 的不必要冠脉造影检查。

另一项针对共病患者的研究采用 Transformer 中间融合模型, 纳入 320 例 “冠心病合并焦虑症” 患者与 280 例单纯疾病患者, 通过学习影像 - 心理 - 生理的关联特征, 实现共病状态的精准分型, 分型准确率达到 87%, 为个体化治疗方案制定提供依据。效能评估表明, 多模态模型的 F1 值 (综合敏感性与特异性) 较单一模态模型 (如仅用影像或心理数据) 提升 25%-30%, 证实多模态融合的协同优势。

5 现存问题与未来发展方向

5.1 当前研究的核心挑战

数据层面存在三大瓶颈: 一是全量数据获取困难, 冠脉 CTA 与脑功能 MRI 的同步检查率不足 20%, 心理测评的完成率因患者依从性问题仅为 65%; 二是数据异质性强, 不同医院的 HRV 测量设备差异导致指标不可比, 文本记录的术语不规范影响特征提取; 三是标注数据稀缺, 双心疾病的鉴别诊断需心内科与心理科医生联合标注, 标注成本高导致样本量普遍不足 500 例, 限制模型泛化能力。

技术层面面临融合与解释难题: 跨模态数据的模态鸿沟尚未完全突破, 如影像的空间特征与文本的语义特征难以建立深层次关联; 现有深度学习模型多为 “黑箱” 结构, 无法解释 “为何某冠脉特征与焦虑评分共同导致鉴别结果”, 临床医生接受度受限; 模型鲁棒性不足, 对噪声数据 (如错误的心理测评评分) 敏感, 准确率波动可达 15%。

5.2 未来技术发展路径

数据体系建设需推进标准化与规模化: 建立双心疾病多模态数据库, 制定涵盖 12 项核心指标的采集规范 (如 HRV 测量需安静状态 5 分钟), 通过跨中心协作积累万级样本; 采用联邦学习技术实现数据 “可用不可见”, 解决隐私保护与数据共享的矛盾。

模型技术需向 “可解释融合” 方向突破: 发展注意力可视化技术, 如 Grad-CAM 可显示 CNN 关注的冠脉狭窄区域, Attention Map 可展示文本中的关键症状描述, 增强模型透明度; 构建多模态知识图谱, 整合疾病机制、指标关联等先验知识, 指导模型特征学习, 如将 “冠脉狭窄→心肌缺血→胸痛” 的病理通路嵌入模型, 提升决策逻辑性。

临床转化需构建 “筛查 - 诊断 - 干预” 一体化系统: 在急诊场景中开发快速鉴别模块, 基于手环采集的 HRV 数据与简易心理问卷, 实现 5 分钟内初步筛查; 针对共病患者设计个体化干预模型, 根据多模态特征预测治疗响应, 如对 “高焦虑 + 轻度冠脉狭窄” 患者优先推荐心理干预, 降低医疗成本。

6 结论

冠心病与焦虑症的精准鉴别是双心诊疗的关键环节, 全量多模态数据通过整合生理、影像、心理、临床等多维信息, 突破了单一维度鉴别局限。从传统机器学习的特征拼接, 到深度学习的深度融合, 鉴别模型的准确率已从 75% 提升至 91% 以上, 展现出显著的临床应用价值。然而, 数据获取困难、模态融合不充分、模型可解释性差等问题仍制约技术转化。未来需通过标准化数据库建设、可解释融合算法研发与一体化临床系统构建, 实现从 “技术可行” 到 “临床可用” 的跨越, 最终推动双心诊疗进入精准化、智能化新时代。

参考文献

- [1] 刘庆虹, 胡科丹, 杨秋妹. 多模态超声评估冠心病患者冠状动脉狭窄程度及预后的价值 [J]. 医学综述, 2023, 29(20): 4386-4391.
- [2] 陈思楷, 周青, 邓倾. 多模态影像融合技术在心脏病诊治中的应用研究进展 [J]. 心脏杂志, 2019, 31(4): 5. DOI: 10.12125/j.chj.201811035.

作者简介: 付文月, 1989.12, 女, 汉族, 河北省邯郸市涉县, 本科, 主治医师, 研究方向: 精神病学。