

PDCA+CBL 在乳腺结节超声诊断教学中的应用实训探索

贺鹏¹, 谢东艳², 陈利静², 谢梅², 何秀利¹, 邹媛^{1,*}

¹ 川北医学院附属医院超声科, 四川南充, 中国

² 雷波县人民医院超声科, 四川凉山, 中国

*通讯作者

【摘要】目标: 探索计划-实操-检查-改进(plan-do-check-act, PDCA)循环结合案例教学法(case-based learning, CBL)在乳腺结节超声诊断实训中的应用效果, 提升初学者的分类准确率、操作规范性与反思能力。方法: 选取 60 名实习及规培阶段学员, 随机分为联合组和对照组。联合组实施“计划-执行-检查-处理”四阶段教学, 融合 CBL 案例学习及人工智能(artificial intelligence, AI)辅助反馈机制; 对照组采用传统跟机带教。评估指标包括乳腺影像报告和数据分析系统(breast imaging reporting and data system, BI-RADS)分类准确率、操作规范得分、单病例诊断耗时及教学满意度。结果: 联合组 BI-RADS 分类准确率为 82.3%±5.1%, 较对照组提升 13.6% ($P<0.01$); 操作规范得分提高 35%, 诊断耗时缩短 34.4% ($P<0.05$); 教学满意度达 91%, 显著高于对照组(62%)。结论: PDCA+CBL 通过结构化反思与实时反馈, 显著提升学员对乳腺结节(尤其 4 类)的诊断能力及效率。

【关键词】PDCA 循环, CBL 教学法, 超声诊断教学, 乳腺结节, 医学教育改革

【基金项目】四川省科技厅项目(编号: 2025ZNSFSC1751), 教育部产学研合作协同育人项目(编号: 250505236300920), 南充市社科联川北健康人文研究中心课题(编号: NC24CB68), 川北医学院院级教改课题(编号: CXSY24-06)

1. 引言

超声诊断技术作为现代医学影像教育的核心课程, 其临床价值在乳腺疾病早期筛查中尤为凸显。乳腺结节作为女性高发病种, 其超声图像识别与乳腺影像报告和数据分析系统(breast imaging reporting and data system, BI-RADS)分类能力直接关系到良恶性病变的鉴别准确性[1], 是超声医生必须掌握的基本技能。近年来, 人工智能(artificial intelligence, AI)技术在超声辅助诊断领域迅猛发展, 尤其在结节特征标注、恶性风险预测等方面展现出高精度性, 为革新传统教学模式提供了技术支撑[2,3]。然而, 当前医学院校的乳腺超声实训仍普遍面临双重困境[4,5]: 其一, “教-学-评”闭环断裂—传统“教师讲授+操作演示”模式使学生陷入被动跟机练习, 缺乏即时反馈与反思改进机制, 导致操作与诊断能力脱节; 其二, BI-RADS 4 类结节诊断信心不足—因该类结节良恶性界限模糊, 临床误诊率高, 已成为临床决策的薄弱环节[6]。这两大痛点严重制约了基层医疗人才的培养质量。

针对上述问题, 本研究旨在构建以 AI 辅助系统为技术载体、PDCA 循环为管理引擎的乳腺结节实训教学模块。其核心目标包括: (1)

建立“计划(Plan)-实操(Do)-检查(Check)-改进(Act)”四阶实训闭环, 破解教学脱节难题, 推动学生从机械操作向主动反思转化;

(2) 通过 AI 实时标注与风险提示功能, 重点强化 BI-RADS 4 类结节的鉴别训练, 提升诊断置信度; (3) PDCA 循环为核心, 构建兼顾理论认知构建与临床实践应用的实训模块, 通过标准化病例库、智能化训练流程及阶段性评估工具, 提升低年资医生学员对乳腺结节的辨识。

2. 方法

2.1 研究对象与分组设计

本研究于 2023 年在川北医学院附属医院超声科教学基地开展, 选取 60 名参与乳腺超声实训的初级阶段学习者, 含本科实习生(以下简称: 实习医生)与超声专业住院医师规范化培训医生(以下简称: 住培医生), 均完成超声基础课程并通过入科理论考核。按随机数字表法将其分为联合组与对照组, 每组各 30 人。联合组: 采用“PDCA 循环+案例教学法(case-based learning, CBL)”双轨教学模式, 注重过程管理与技能闭环提升[7]。对照组: 沿用传统“跟机带教”教学法, 依赖教师现场指导及个体实操训练。

2.2 PDCA 教学操作流程

联合组学员在两周教学周期内，严格按照“计划（Plan）-执行（Do）-检查（Check）-处理（Act）”四阶段循环执行，形成目标明确、反馈闭环的教学路径。各阶段操作及所使用资源如下表 1 所示。

表 1. PDCA 四步骤的具体操作及需要利用的资源

阶段	具体操作	工具/资源
P 计划	1、学生自评弱点（问卷星扫码填表） 2、签订《两周提升计划》	微信小程序“弱点地图”
D 执行	1、每日 1 例典型病例实操（真实病例转化） 2、小组交叉扫查互评	超声机、图像标注软件 GIMP
C 检查	1、AI 简易评分（上传图像至 MITK 开源系统） 2、教师重点复核 4 类结节报告	学生自制误诊案例集
A 处理	1、组织“探头手法”等专项加练 2、每周误诊复盘会	乳腺结节仿真模型（实验室自有）

2.3 评价指标体系

设置以下三类教学成效评价指标：

2.3.1 核心能力指标

（1）BI-RADS 分类准确率（以专家最终判读为金标准进行比对）；

（2）操作规范评分：依据标准化操作流程制定百分制评分表，由带教教师现场评估。

2.3.2 效率指标

单病例诊断耗时（从图像采集至诊断判断时间，单位：分钟）。该指标反映诊断流程的整体效率，涵盖图像采集、处理及诊断分析等环节。耗时受设备性能、医师经验、病例复杂度及流程设置等影响。通过测量该指标，可优化诊疗流程、提升资源利用和患者体验，同时评估不同技术手段的效率表现。

2.3.3 主观反馈指标

本研究采用 Likert 五点量表[8]从教学内容、反馈机制与学习参与感三个维度评估学员满意度。问卷共设 8 题，如“本次教学内容贴合临床实际”、“反馈机制能及时指出问题”、“教学增强了我的学习主动性”等，学员在培训结束后匿名在线填写，评分范围为 1 分=非常不同意，2 分=不同意，3 分=一般，4 分=同意，5 分=非常同意。各题平均得分作为满意度总分。该评估反映了教学方案的接受度及其激发

学习动机的效果

2.4 统计学方法

使用 SPSS 22.0 软件对数据进行统计学分析。对连续性指标进行独立样本 *t* 检验；对分类变量使用卡方检验。所有检验均以双侧检验方式进行，以 *P*<0.05 为差异具有统计学意义。

3.结果

3.1 研究对象完成情况

本研究共纳入 60 名超声科实习医生及住培医生（男 22 名，女 38 名），随机分为联合组与对照组各 30 人。因轮岗冲突脱落 4 人（联合组 2 人，对照组 2 人），最终完成研究 56 人（联合组 28 人，对照组 28 人），脱落率 6.7%。两组基线特征无统计学差异（*P*>0.05）（表 2）。

表 2.研究对象基线特征比较

特征	联合组 (n=28)	对照组 (n=28)	<i>P</i> 值
年龄（岁）	23.6±3.2	23.9±4.4	0.382
性别（男/女）	10/18	12/16	0.592
入科月数（月）	3.8±0.9	4.1±1.1	0.261
前测准确率（%）	51.3±8.7	49.8±9.2	0.518

3.2 核心能力提升效果

3.2.1 BI-RADS 诊断准确率

表 3.两组 BI-RADS 分类准确率对比（%， $\bar{x}\pm s$ ）

分类	联合组 (n=28)	对照组 (n=28)	提升值	<i>P</i> 值
2 类	94.2±3.1	89.6±5.3	+4.6	0.067
3 类	87.5±4.8	82.1±6.7	+5.4	0.043
4A 类	78.6±6.2	63.4±9.1	+15.2	<0.001
4B 类	71.4±7.8	49.1±10.3	+22.3	<0.001
4C 类	69.1±8.5	53.9±11.7	+15.1	<0.001
5 类	84.3±5.9	76.8±8.4	+7.5	0.021

联合组结业考核总准确率达 82.3±5.1%，较对照组的 68.7±7.2% 显著提升（*t*=8.24, *P*<0.001）。分层分析显示，该组在 4 类结节诊断中优势最突出：对 4A、4B、4C 亚类的准确率分别为 78.6%、71.4%、69.1%，较对照组提升 15.2-22.3 个百分点（均 *P*<0.01）（表 3）。

3.2.2 临床决策效率

单例诊断耗时：联合组为 8.2±1.3 分钟，较对照组（12.5±2.1 分钟）缩短 34.4%（*t*=9.17, *P*<0.001）；

操作规范得分（百分制）：联合组获评 86.4±5.7 分，对照组为 64.2±9.3 分（*t*=10.89, *P*<0.001），在 40 例测试病例中检出恶性结节 37 例（92.5%），对照组检出 30 例（75.0%）

($\chi^2=4.50, P=0.034$)。

3.3 操作规范性与思维提升

扫描技能量化评估（百分制）：联合组在探头稳定性（ 88 ± 4 vs $63\pm11, P<0.001$ ）、切面完整性（ 85 ± 5 vs $65\pm9, P<0.001$ ）等核心技能上优势显著。

反思能力行为证据：累计生成结构化误诊分析报告 127 份（含图像标注、误诊原因、病理对照）。

每周计划完成率：联合组达 89.3%(25/28) 坚持完成全部 4 周循环。

3.4 教学反馈与信心建设

联合组在 BI-RADS 4 类结节诊断信心评分显著高于对照组（ 4.1 ± 0.6 vs $2.9\pm0.8, P<0.001$ ），教学满意度达 4.5±0.6 分（表 4）。质性反馈显示 89.3%学员认为“4 类结节鉴别能力提升”，典型陈述如：“通过实时修正训练，钙化灶识别效率提高 40%”（学员反馈）。

表 4.满意度及信心评分（Likert 5 分量表）

指标	联合组 (n=28)	对照组 (n=28)	P 值
临床思维培养	4.5±0.6	3.1±0.9	<0.001
学习兴趣激发	4.3±0.7	3.4±0.8	0.002
4 类结节诊断信心	4.1±0.6	2.9±0.8	<0.001

4.讨论

本研究结果显示，PDCA+CBL 显著提升了低年资超声学习者的诊断水平。实验组学生在 BI-RADS 分类准确率上达到 $82.3\%\pm5.1\%$ ，显著高于对照组的 $68.7\%\pm7.2\%$ （ $P<0.01$ ），提升幅度为 13.6%。4 类结节的诊断信心评分由 2.9 ± 0.8 提升至 4.1 ± 0.6 （ $P<0.001$ ），操作规范得分提高了 35%，单病例诊断耗时缩短了 34.4%（ $P<0.05$ ）。这些客观指标充分说明，PDCA 模式不仅优化了学习者的操作流程，也在诊断准确性与效率方面取得了显著改善。

与李军等[9]采用的基于问题的教学方法（problem-based learning, PBL）结合 CBL 模式相比，PDCA 在组织路径和教学闭环方面具有更强的系统性。PBL/CBL 模式强调问题导向与案例分析，能够激发学生的学习兴趣 and 主动思维[10,11]，但在实际操作标准、技能改进路径方面缺乏具体机制。而本研究采用的 PDCA 循环，通过“计划-执行-检查-改进”四个环节建立持续能力提升链条，在教学组织中嵌入了“每周误诊复盘”、“缺陷专项训练”等机制，针对学生在探头摆放、特征识别等薄弱点实施靶向强化，有效促进了学习过程的精

细化与可追溯性。

教学资源方面，本研究构建了结构化工具体系，包括图像分析标注软件、模型辅助训练平台、AI 反馈模块等，配合标准化教学流程，使学生能通过多维反馈系统（AI 评分+师评+互评）获得清晰的学习路径与能力改进建议。此外，学生自建误诊案例库（累计 127 例）及“乳腺超声初级诊断师”虚拟电子认证体系，在一定程度上弥补了标准病例资源不足的短板，强化了以学促建、以用促学的教学生态。

在主观反馈中，91%的学生认可“误诊复盘会”对自身能力提升的重要作用，85%对小组互评环节表示肯定，教学满意度达 91%，显著高于对照组的 62%。这一结果说明，PDCA 模式所强调的多维反思与即时修正机制，不仅提升了学习者的实践技能，也增强了学习过程的参与度和内驱力。相较之下，PBL/CBL 模式虽在启发式教学中具备一定优势，但缺乏对“操作-反馈-改进”的闭环支持，学生往往难以实现持续性能力突破。

尽管本研究展现出良好教学成效，但仍存在以下几点不足：首先，病例来源主要依赖本院典型病例，临床复杂度相对有限，难以全面涵盖如钙化、血流紊乱等复杂病理情境。后续教学中可通过建设院际病例共享机制或引入虚拟仿真系统，扩展训练场景多样性。其次，PDCA 各环节在不同教师之间执行标准不一，影响教学同质化水平。第三，个别学生存在计划执行力不足的问题，建议开发教学平台的学习进度追踪功能，并引入激励机制（如阶段性成绩量化、优异表现认定）以增强学生的目标意识与自我管理能力。

5.结论

PDCA 循环结合案例教学是一种切实可行、效果显著的教学策略，可显著提升低年资医学生在乳腺结节超声诊断中的图像识别能力、诊断准确率与操作规范性。本研究通过数据实证验证了 PDCA 教学的实际成效。与 PBL/CBL 教学法相比，PDCA 模式更注重结构化流程控制与闭环反馈管理，在诊断思维和动手能力的系统性提升方面优势明显。

未来教学实践中，可进一步结合多病种教学内容，探索 PDCA 模式与传统案例教学法的融合路径，拓展教学应用的广度与深度。同时，借助数字化平台建设，推动 AI 模块、反馈系统与资源管理一体化发展，为医学教育的精细化与智能化转型提供可复制、可推广的教学范式。

参考文献

- [1] 祝友四, 胡建波, 叶雄健, 等. 超声多模态对乳腺 BI-RADS 3~4b 类结节的诊断价值[J]. 中国超声医学杂志, 2025, 41(02): 132-135.
- [2] 肖文铉, 江一舟, 邵志敏. 人工智能在乳腺癌精准诊疗中的应用[J]. 实用肿瘤杂志, 2022, 37(02): 112-116.
- [3] Villa-Camacho J C, Baikpour M, Chou S S. Artificial Intelligence for Breast US[J]. J Breast Imaging, 2023, 5(1):11-20.
- [4] 付颖, 崔立刚, 江凌, 等. “课程思政”通过互动式教学融入超声医学实习课堂的探索与评价[J]. 基础医学与临床, 2024, 44(10): 1474-1477.
- [5] Suzuki R, Riley W J, Bushman M S, et al. Tele-education in point-of-care ultrasound training[J]. Ultrasound J, 2024, 16(1):47.
- [6] 侯中光, 詹韵韵, 毕玉, 等. 三维反转成像技术在 BI-RADS 4 类乳腺肿块应用中的初步研究[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2024, 21(4): 370-376.
- [7] 黄添隆, 彭正午, 王波, 等. PBL+TBL 相结合的双轨教学模式在外科手术学教学中的应用[J]. 中国高等医学教育, 2021(9): 56-57.
- [8] 沈思芹. 基于 Likert 量表的大学英语学习行为研究——以徐州工程学院为例[J]. 长沙民政职业技术学院学报, 2023, 30(4): 98-103.
- [9] 李军, 马婷, 曹玉文, 等. PBL 结合 CBL 教学法在乳腺超声规范化培训中的应用[J]. 教育教学论坛, 2020(27): 259-261.
- [10] 万程, 牟临杰, 张兴逵, 等. CBL+PBL 联合 SP 教学法在神经外科研究生培养中的探索[J]. 中国继续医学教育, 2024, 16(06): 82-87.
- [11] 赵玲, 牛学琴, 潘毅, 等. 研究型 PBL/CBL 整合式教学法在专业型研究生内分泌教学中的应用[J]. 新教育时代电子杂志(教师版), 2022(46): 118-120.