❖影像技术学

Difference of posterior nipple line length between craniocaudal and mediolateral oblique position images for evaluating quality of craniocaudal position mammography

DU Hongyang[1], JIANG Yuan[1], WANG Kexin[1], ZHANG Yaofeng[2], WANG Xiaoying[1], QIN Naishan[1*]
(1. Department of Radiology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China;
2. Beijing Smart Tree Medical Technology Co., Ltd., Beijing 100011, China)

[**Abstract**] **Objective** To explore the value of the difference of posterior nipple line (PNL) length between craniocaudal (CC) and mediolateral oblique (MLO) position images for evaluating the quality of CC position mammography. **Methods** A total of 228 mammography images (114 CC position and 114 MLO position) from 114 breasts of 64 female patients were retrospectively enrolled. The quality of CC position images were analyzed and classified as CC qualified group and CC unqualified group. PNL lengths in CC and MLO images were measured, and the differences between CC and MLO images were compared between groups. Then a binary logistic regression analysis was conducted to screen the independent influencing factors of the quality of CC position mammography. Receiver operating characteristic curve was drawn, and the area under the curve (AUC) was calculated to assess the optimal threshold of independent influencing factors for evaluating the quality of CC position images, and its diagnostic efficacy and calibration were analyzed using precision-recall curve and calibration curve. **Results** There were 93 images in CC qualified group and 21 in CC unqualified group. No significant difference of PNL length in CC position images was observed between groups ($P=0.818$), while significant difference of PNL length in MLO images and the difference of PNL length were found between groups (both $P<0.05$). The difference of PNL length was an independent influencing factor of the quality of CC position mammography ($OR=1.26$, $P<0.001$). Taken 9.9 mm as the optimal threshold of PNL length difference, its AUC for evaluating the quality of CC position images was 0.909. Precision-recall curve and calibration curve showed that the diagnostic efficacy and fitting degree of PNL length difference were both good. **Conclusion** Difference of PNL length between breast CC and MLO position images could be used to evaluate the quality of CC position mammography.

[**Keywords**] mammography; posture; quality control; posterior nipple line
DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2025.12.026

基于乳头后线长度在头足位与内外斜位图像中的差值评估头足位乳腺 X 线摄影质量

杜宏洋[1],姜　原[1],王可欣[1],张耀峰[2],王霄英[1],秦乃姗[1*]
(1. 北京大学第一医院医学影像科,北京　100034;2. 北京赛迈特锐医疗科技有限公司,北京　100011)

[摘　要] **目的**　观察基于乳头后线(PNL)长度在乳腺头足(CC)位与内外斜(MLO)位图像中的差值评估 CC 位乳腺 X 线摄影质量的价值。**方法**　回顾性收集 64 例女性患者共 114 侧乳腺的 228 幅 X 线摄影图,包括 CC 位及 MLO 位各 114 幅。评估 CC 位图像质量,据此划分 CC 位合格组与 CC 位不合格组。对比组间 CC 位及 MLO 位图像的 PNL 长度及其差

[**基金项目**] 吴阶平医学基金会临床科研专项资助基金(320.6750.2021-6-33)。
[**第一作者**] 杜宏洋(2000—),男,安徽阜阳人,在读硕士。研究方向:乳腺影像学诊断及质量控制。E-mail: duhongyang@bjmu.edu.cn
[**通信作者**] 秦乃姗,北京大学第一医院医学影像科,100034。E-mail: docqin730@sina.com
[**收稿日期**] 2025-06-15　[**修回日期**] 2025-10-03

值,采用二元 logistic 回归分析筛选 CC 位图像质量的独立影响因素。绘制受试者工作特征曲线,计算曲线下面积(AUC),观察独立影响因素评估 CC 位图像质量的最佳阈值,并以精确率-召回率曲线及校准曲线评估其诊断效能及校准度。**结果** CC 位合格组 93 幅、CC 位不合格组 21 幅;组间 CC 位图像中的 PNL 长度差异无统计学意义($P=0.818$),而相应 MLO 位图像中的 PNL 长度及其差值差异均有统计学意义(P 均<0.05)。PNL 长度在 2 种图像间的差值为 CC 位图像是否合格的独立影响因素($OR=1.26$,$P<0.001$)。以 9.9 mm 为 PNL 长度差值的最佳阈值,其评估乳腺 CC 位图像质量的 AUC 为 0.909;精确率-召回率曲线及校准曲线显示 PNL 长度差值的诊断效能及拟合度均良好。**结论** PNL 长度在 CC 位与 MLO 位图像中的差值可用于评估乳腺 CC 位图像质量。

[**关键词**] 乳房 X 线摄影;体位;质量控制;乳头后线

[**中图分类号**] R655.8;R814 [**文献标识码**] A [**文章编号**] 1003-3289(2025)12-2061-04

乳腺 X 线摄影临床应用广泛,尤其对于早期诊断乳腺癌具有重要作用[1];其常规投照体位为头足(craniocaudal, CC)位及内外斜(mediolateral oblique, MLO)位,要点在于尽可能多地包含乳腺组织,而 CC 位图像缺乏除乳头之外的其他可靠解剖学标记,相比 MLO 位图像,较难评估其图像质量。现有相关指南提供了 3 项评价 CC 位图像质量的核心指标,包括有无显示胸肌及腺后脂肪和乳头后线(posterior nipple line, PNL)长度[2]。PNL 指乳头与胸大肌前缘或图像边缘(当胸大肌未显示时)的垂直距离,针对同一乳腺,CC 位与 MLO 位图像中的 PNL 长度差值需符合"1 cm 规则",即<1 cm。然而上述评价指标主要基于既往文献提出[3-5],原始研究的证据基础存在一定局限性[2];且"1 cm规则"可能因检查环境、设备条件及操作方式不同而存在差异。本研究观察基于 CC 位与 MLO 位图像中的 PNL 长度差值评估乳腺 CC 位图像质量的价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性收集 2021 年 4 月—2022 年 5 月北京大学第一医院因乳腺疾病而接受乳腺 X 线摄影的 64 例女性患者共 114 侧乳腺(左侧 61 侧、右侧 53 侧)的 228 幅图像,包括 CC 位及 MLO 位各 114 幅;患者年龄 22～80 岁、中位年龄 51.0 岁,均于月经结束后 7～10 天接受乳腺 X 线 CC 和 MLO 位检查。排除标准:①乳腺局部手术后;②因乳腺病灶过大致无法充分压迫乳房;③CC 位或 MLO 位图像显示乳头与纤维腺体组织重叠;④MLO 位图像不合格。本研究经医院医学伦理委员会批准(2024 研 076),免除患者知情同意。

1.2 仪器与方法 采用 Hologic Selenia 数字化全视野乳腺 X 线机,以自动曝光控制模式摄取乳腺 CC 位及 MLO 位图像。摄 CC 位片时,使患者面向探测器将乳房置于探测器上,由上至下进行压迫,使乳头位于中心且处于切线位;摄 MLO 位片时,使探测器与水平面呈 30°～60°,由外上至内下方向压迫乳房并使乳头处于切线位;参数:管电压 25～32 kV,管电流 60～100 mA,曝光时间 455～1 500 ms,像素大小约 0.07 mm。

1.3 分析图像质量

1.3.1 主观评价 由分别具有 13 及 3 年乳腺 X 线诊断经验的影像科副主任医师及住院医师(医师 1、2)各 1 名根据《乳腺影像检查技术专家共识》[6]采用盲法评价 CC 位图像质量,将其分为合格与不合格(图 1),并据此划分 CC 位合格组与 CC 位不合格组。CC 位图像合格标准:①乳头位于切线位;②包含乳腺基底部并显示部分胸肌前缘;③充分显示乳腺实质后脂肪组织;④无皮肤皱褶;⑤影像层次分明,显示病灶清晰。2 名医师意见存在分歧时,提请另 1 名具有 24 年乳腺 X 线诊断经验的主任医师(医师 3)审核决定。

1.3.2 客观评价 由 1 名经过培训的影像科住院医师(医师 4)分别基于乳腺 CC 及 MLO 位图像测量 PNL 长度。在 CC 位图像中自乳头向胸大肌前缘或图像边缘作垂线,以其间距为 CC 位图像中的 PNL 长度,记为 D1;在 MLO 位图像中自乳头向胸大肌前缘作垂线,以其间距为 MLO 位图像中的 PNL 长度,记为 D2;见图 2。重复测量 3 次 D1 和 D2,取平均值;计算其差值(D2－D1),即 CC 位与 MLO 位图像之间的 PNL 长度差值。

1.4 统计学分析 采用 R 4.3.2 统计分析软件。利用 Kolmogorov-Smirnov 检验分析计量资料的正态性,以 $\bar{x} \pm s$ 表示符合正态分布者,行独立样本 t 检验;采用中位数(上下四分位数)描述不符合正态分布者,行 Wilcoxon 秩和检验。采用 Kappa 检验分析观察者间评估 CC 位图像质量的一致性:Kappa$\leqslant 0.4$ 为一致性较差,$0.4<$Kappa$\leqslant 0.6$ 为一致性中等,$0.6<$Kappa$\leqslant 0.8$ 为一致性较好,Kappa>0.8 为一致性极好。以 D1、D2－D1 及乳腺侧别为自变量,CC 位图像合格与否为因变量,采用二元 logistic 回归分析以双向逐步回归法观察 CC 位图像质量的独立影响因素。绘

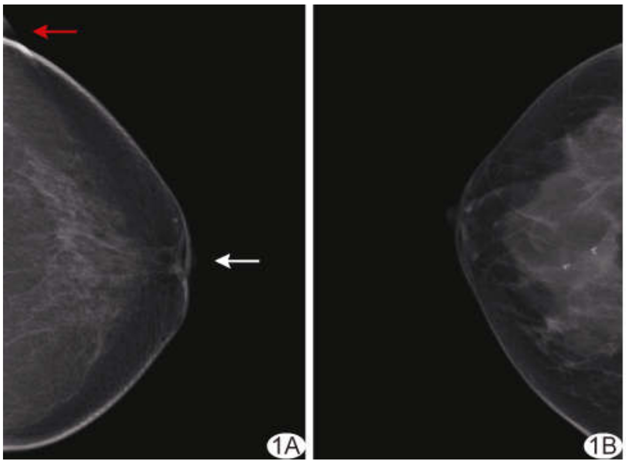

图 1　不合格乳腺 CC 位图像示例　A.乳头未呈切线位（白箭），存在皮肤皱褶（红箭）；B.显示乳腺实质后脂肪组织不充分

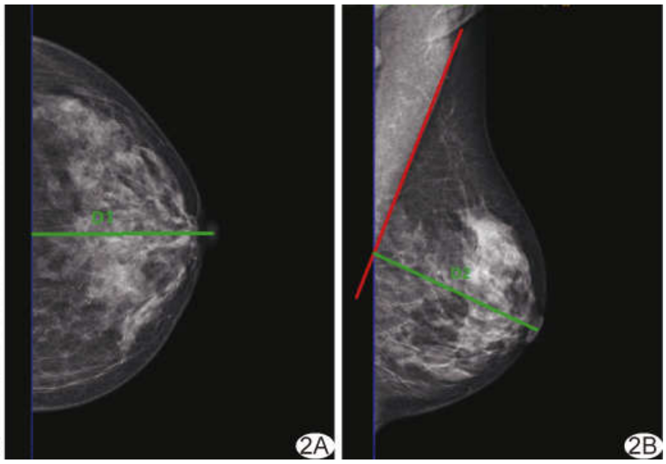

图 2　于乳腺 CC（A）及 MLO（B）位图像中测量 PNL 长度示例图

制受试者工作特征（receiver operating characteristic，ROC）曲线，计算曲线下面积（area under the curve，AUC），分析独立影响因素评估 CC 位图像质量的最佳阈值，并以精确率-召回率曲线及校准曲线评估其诊断效能及校准度。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2　结果

2.1　图像质量　观察者间评估 CC 位图像质量的一致性较好（Kappa＝0.760）。114 幅 CC 位图像中，93 幅图像质量合格、21 幅不合格，据此划分 CC 位合格组与 CC 位不合格组，并分别于左、右侧乳腺中划分亚组。针对整体或左侧乳腺，组间及亚组间 D1 差异均无统计学意义（P 均＞0.05），D2 及 D2－D1 差异均有统计学意义（P 均＜0.05）；针对右侧乳腺，D2－D1 差异有统计学意义（$P<0.001$），而亚组间 D1 及 D2 差异均无统计学意义（P 均＞0.05）。见表 1。

2.2　logistic 回归及 ROC 曲线分析　单因素和多因素 logistic 回归分析表明，CC 位与 MLO 位图像上 D2－D1是 CC 位图像质量是否合格的独立影响因素（$P<0.001$，表 2）。ROC 曲线（图 3）分析显示，当 D2－D1＝9.88 mm 为最佳阈值时，其评估乳腺 CC 位图像质量的敏感度为 100%，特异度为 68.64%，曲线下面积（area under the curve，AUC）为 0.909。精确率-召回率曲线及校准曲线（图 3）显示 D2－D1 诊断效能及拟合度均良好。

3　讨论

高质量乳腺 X 线片是正确诊断乳腺疾病的基础；乳腺图像质量可影响乳腺癌检出率及临床分期可靠性[7]。良好的乳腺 CC 位图像能清楚显示乳腺前部、中央、内侧、乳晕后及后内侧部分；既往研究[2]认为 PNL 长度是可用于定量评价乳腺 CC 位图像质量的唯一参数。BASSETT 等[4]分析 2 000 幅乳腺 CC 位及 2 000幅 MLO 位图像，其中 79.00%（1 580/2 000）CC

表 1　比较合格与不合格乳腺 CC 位图像中的 PNL 长度相关参数（mm）

组别/亚组别	D1	D2	D2－D1
整体			
CC 位合格组（n＝93）	75.50（59.70，97.90）	79.60（64.00，103.00）	5.10（0.89，9.55）
CC 位不合格组（n＝21）	80.40（72.50，91.40）	98.50（82.50，111.00）	20.30（15.30，22.90）
W 值	944.5	697.0	394.5
P 值	0.818	0.041	＜0.001
左侧乳腺			
CC 位合格亚组（n＝50）	70.40（57.90，94.60）	74.80（63.60，97.90）	4.75（0.23，9.32）
CC 位不合格亚组（n＝11）	76.50（73.00，96.20）	98.50（88.00，114.0）	20.30（13.50，22.40）
W 值	222.0	146.0	110.5
P 值	0.325	0.016	＜0.001
右侧乳腺			
CC 位合格亚组（n＝43）	75.60（63.60，99.40）	86.90（66.00，110.00）	5.41（1.01，10.00）
CC 位不合格亚组（n＝10）	80.50（54.70，86.30）	99.80（70.90，108.00）	19.40（16.00，22.50）
W 值	246.0	196.0	84.0
P 值	0.488	0.679	＜0.001

表 2　单及多因素 logistic 回归分析显示乳腺 CC 位图像质量的影响因素

参数项	单因素分析		多因素分析	
	OR 值（95%CI）	P 值	OR 值（95%CI）	P 值
D1（mm）	0.99（0.97，1.01）	0.371	—	—
D2－D1（mm）	1.26（1.16，1.37）	＜0.001	1.26（1.16，1.37）	＜0.001
乳腺侧别（以右侧为参照）	1.05（0.43，2.58）	0.913	—	—

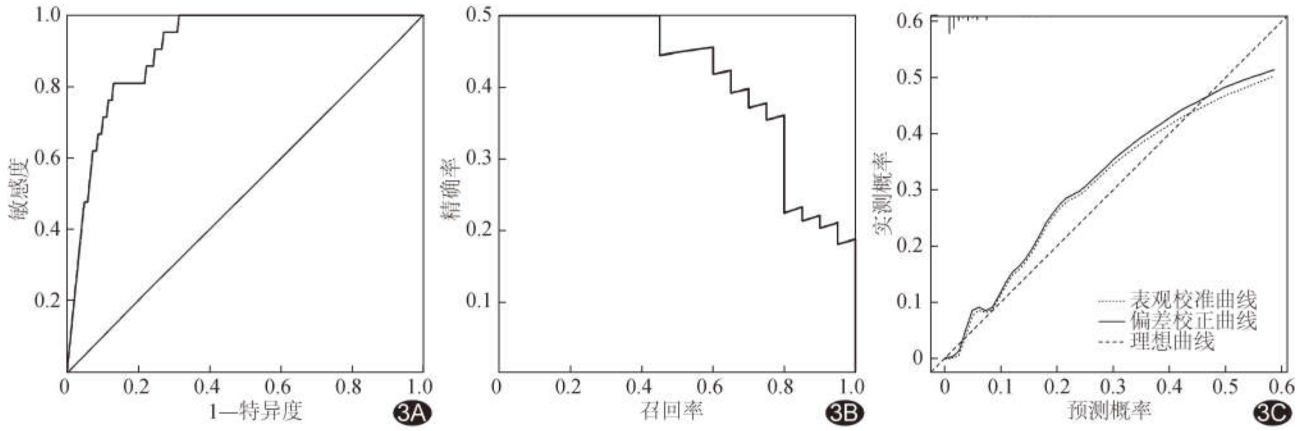

图 3　以 PNL 长度差值判断乳腺 CC 位图像质量的 ROC(A)、精确率-召回率(B)及校准(C)曲线

位图像显示乳腺组织深度与 MLO 位图像的差异<1 cm,提示 PNL 长度能有效衡量乳腺 CC 位图像质量;且临床约 70.8%放射科技师以 PNL 长度评估乳腺 CC 位图像质量[8]。然而部分学者认为 PNL 标准具有主观性并对其可重复性存疑[9-10],且该标准并未被全部乳腺 X 线摄影指南所明确表述[11]。

本研究纳入的乳腺 MLO 位图像质量均符合标准,结果显示组间及亚组间 PNL 长度差值差异均有统计学意义,且 PNL 长度差值为乳腺 CC 位图像质量是否合格的独立影响因素,与既往研究[2,4]结果相符,进一步验证了 PNL 标准的临床应用价值。

根据“1 cm 规则”,同侧乳腺 CC 位与 MLO 位图像中的 PNL 长度差值应<1 cm;然而在实际操作中,检查环境或设备参数不同可致结果存在差异。SARQUIS-KOLBER 等[12]纳入连续 2 年接受以同一设备进行的乳腺 X 线摄影的 303 名女性,第 1 年在标准房间、第 2 年在多感官环境升级房间进行检查,发现次年所获平均 PNL 长度差值较首年增加 5.0～6.2 mm,提示不同检查环境可能影响 PNL、进而影响其长度差值。本研究以 9.9 mm 为 PNL 长度差值的最佳阈值时,其判断乳腺 CC 位图像质量的 AUC 为 0.909,且精确率-召回率曲线及校准曲线显示 PNL 长度差值的诊断效能及拟合度均良好,提示该值适用于本中心检查环境、设备条件及操作方式。

综上,PNL 长度在 CC 位与 MLO 位图像中的差值可用于评估乳腺 CC 位图像质量。但本研究为单中心、回顾性观察,样本量有限,未涉及年龄、乳房大小及致密程度等对 PNL 长度的影响;有待未来通过多中心、大样本研究,并纳入曝光条件、对比度及清晰度等因素以构建人工智能评价乳腺 X 线图像质量模型进行深入分析。

利益冲突:全体作者声明无利益冲突。

作者贡献:杜宏洋查阅文献、研究实施、撰写文章;姜原图像分析;王可欣统计分析;张耀峰图像处理;王霄英研究设计、修改文章;秦乃姗指导、审阅文章、经费支持。

[参考文献]

[1] 秦乃姗,顾雅佳.乳腺影像学:从技术迭代到多模态融合的革新之路[J].中国医学影像技术,2025,41(8):1249-1252.

[2] SWEENEY R I, LEWIS S J, HOGG P, et al. A review of mammographic positioning image quality criteria for the craniocaudal projection[J]. Br J Radiol, 2018,91(1082):20170611.

[3] EKLUND G W, CARDENOSA G. The art of mammographic positioning[J]. Radiol Clin North Am, 1992,30(1):21-53.

[4] BASSETT L W, HIRBAWI I A, DEBRUHL N, et al. Mammographic positioning: Evaluation from the view box[J]. Radiology, 1993,188(3):803-806.

[5] EKLUND G W, CARDENOSA G, PARSONS W. Assessing adequacy of mammographic image quality[J]. Radiology, 1994,190(2):297-307.

[6] 中华医学会影像技术分会,中华医学会放射学分会.乳腺影像检查技术专家共识[J].中华放射学杂志,2016,50(8):561-565.

[7] FEIGIN K. Quality assurance in mammography: An overview[J]. Eur J Radiol, 2023,165:110935.

[8] SPUUR K, HUNG W T, POULOS A, et al. Mammography image quality: Model for predicting compliance with posterior nipple line criterion[J]. Eur J Radiol, 2011,80(3):713-718.

[9] ALUKIĆ E, HOMAR K, PAVIČ M, et al. The impact of subjective image quality evaluation in mammography[J]. Radiography (Lond), 2023,29(3):526-532.

[10] TAYLOR K, PARASHAR D, BOUVERAT G, et al. Mammographic image quality in relation to positioning of the breast: A multicentre international evaluation of the assessment systems currently used, to provide an evidence base for establishing a standardised method of assessment[J]. Radiography (Lond), 2017,23(4):343-349.

[11] PAPE R, WEST C. A review of the literature: Mammography positioning, body habitus (thorax) and image evaluation system[J]. Innovative Practice in Breast Health, 2025,7:100034.

[12] SARQUIS-KOLBER S, SCHILLING K, HANNEY W J, et al. The association of mammography environment and image quality[J]. J Breast Imaging, 2020,2(5):436-442.